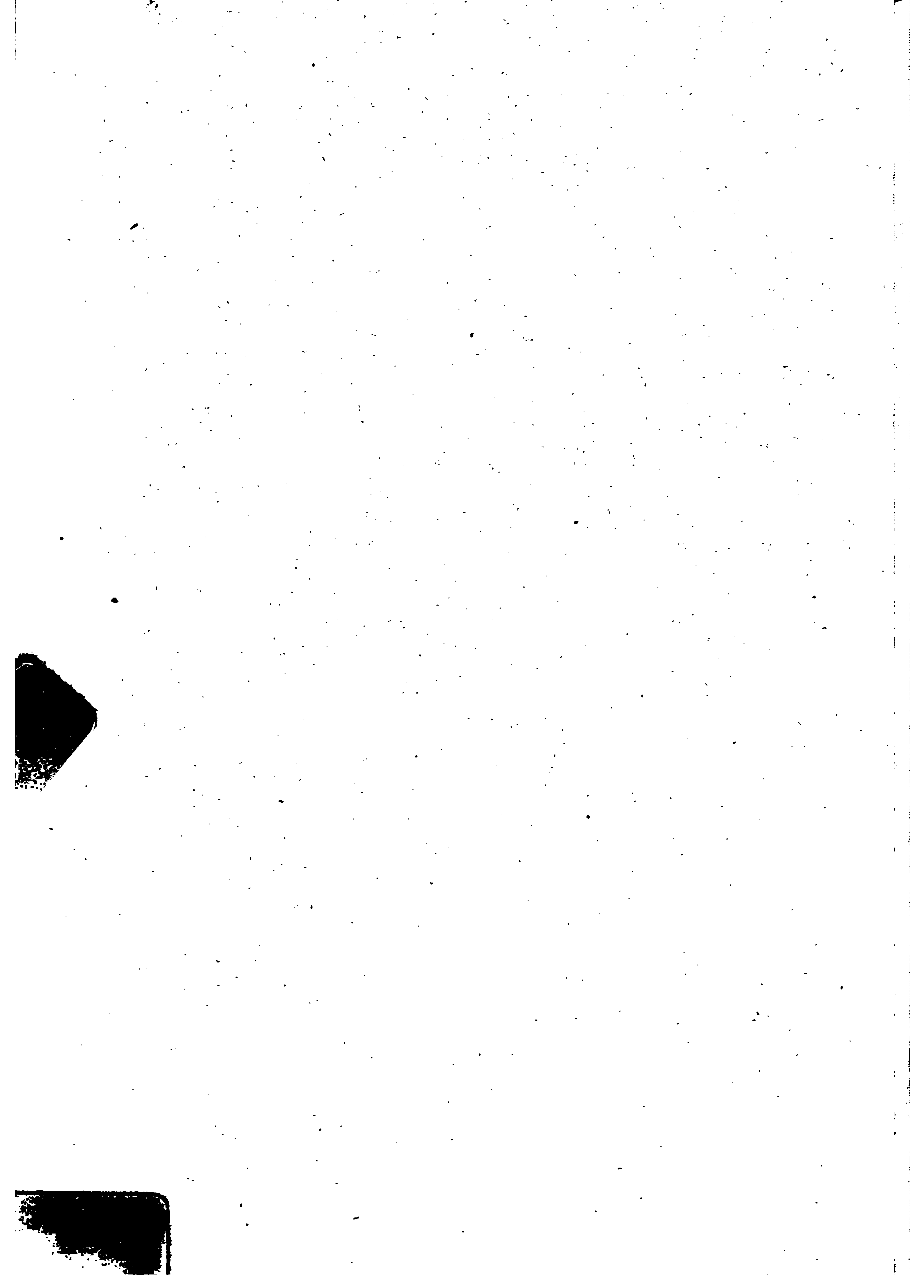








ZEITSCHRIFT
FÜR
INSTRUMENTENKUNDE.

Organ
für
Mittheilungen aus dem gesammten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben
unter Mitwirkung der
Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
von

E. Abbe in Jena, **Fr. Arzberger** in Wien, **S. Czapski** in Jena, **W. Foerster** in Berlin, **R. Fuess** in Berlin, **E. Hammer** in Stuttgart, **W. Jordan** in Hannover, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüss** in Hamburg, **H. Landolt** in Berlin, **V. v. Lang** in Wien, **S. v. Merz** in München, **G. Neumayer** in Hamburg, **A. Raps** in Berlin, **J. A. Repsold** in Hamburg, **A. Ruepprecht** in Wien, **A. Westphal** in Berlin.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

Achtzehnter Jahrgang 1898.

Mit Beiblatt: Deutsche Mechaniker-Zeitung.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1898.

Inhaltsverzeichniss.

Referate.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. St. **Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVIII. Jahrgang. **Januar 1898.** Erstes Heft.

Ueber ein Voltmeter für effektive Wechselstromspannungen.

Von

H. Ebert und **M. W. Hoffmann.**

(Mittheilung aus dem physikalischen Institute der Universität Kiel.)

Bei Untersuchungen über das Verhalten von verdünnten Gasen unter dem Einflusse hochgespannter Wechselströme von grosser Periodenzahl wurden wir darauf geführt, ein Voltmeter von sehr kleiner Kapazität und grosser, innerhalb weiter Grenzen zu variirender Empfindlichkeit für Wechselströme zu konstruiren, welches sich wesentlich von den stromverbrauchenden Spannungsmessern unterscheidet und vor diesen mehrere Vortheile voraus hat. Das Prinzip desselben ist das gleiche, wie das des Platten-Elektrometers, welches sich Herr V. Bjerknes bei seinen Untersuchungen über elektrische Wellen konstruirte, nachdem er die Anwendung des Quadrant-Elektrometers für seine Zwecke verlassen hatte[1]). Ein dünnes, rechteckiges Aluminiumblättchen hängt vertikal an einem Quarzfaden zwischen zwei einander parallelen, vertikalen Metallplatten derart, dass seine Ebene in der Ruhelage einen Winkel von 45° mit der senkrechten Verbindungslinie der beiden Platten bildet. Werden diese mit der zu messenden Wechselstromspannung verbunden, so befindet sich das Aluminiumblättchen in einem sehr nahe homogenen Kraftlinienfelde, dessen Feldstärke periodisch wechselt. Die elektrischen Kräfte suchen das Blättchen dann bekanntlich immer im selben Sinne den Kraftlinien parallel zu stellen. Die ablenkende Kraft ist für kleine Drehungen dem Quadrate der Plattenladungen proportional. Als Gegenkraft wirkt bei Bjerknes allein die Torsion des Quarzfadens, die Winkeldrehung wird mittels eines angekitteten Spiegelchens gemessen.

Um dem Instrumente einen weiteren Messbereich zu geben, haben wir an dem Aluminiumblättchen einen nach unten gehenden Stiel aus Aluminium angebracht, der an seinem unteren Ende einen kleinen Richtmagneten aufnehmen kann. Dadurch, dass man diesen in dem freien Erdfelde oder in dem durch einen Hülfsmagneten geschwächten oder verstärkten Felde der Erde schwingen lässt, kann man die Empfindlichkeit in sehr weiten Grenzen variiren. Dieser Magnet schwingt ferner in einem kleinen Kupfergehäuse, wodurch eine ausgezeichnete Dämpfung herbeigeführt wird. Den Spiegel haben wir gleichfalls an dem Aluminiumstiele *unterhalb* des Blättchens an einem drehbaren und verschiebbaren Träger aus dünnem Aluminiumblech befestigt, um eine für das Schwingen des Systems möglichst günstige Schwerpunktslage herbeiführen zu können. Durch die beiden Hülfsmagnete kann die Nulllage des Systems ferner in jede beliebige Richtung gebracht werden. Das Instrument

[1]) V. Bjerknes, *Wied. Ann.* **48.** *S. 594. 1893.*

und das Beobachtungsrohr sind also in ihrer gegenseitigen Stellung an kein bestimmtes Azimuth gebunden. Dadurch, dass die beiden Ladeplatten messbar verschiebbar gemacht wurden, können sowohl sehr niedere Potentiale bei kleinem Plattenabstand, wie sehr hohe, z. B. die des transformirten Wechselstromes, mit demselben Instrumente gemessen werden, wenn nur der Plattenabstand genügend gross gewählt wird. Zur bequemen Aufstellung und Adjustirung haben wir noch eine Reihe konstruktiver Einzelheiten angebracht, welche weiter unten beschrieben werden sollen.

Das Instrument hat sich während einer grossen Reihe von Messungen gut bewährt; seine Vortheile liegen namentlich in der sehr geringen Kapazität, dem weiten Messbereich und den Hitzdrahtinstrumenten gegenüber darin, dass es keinen Zweigstrom beansprucht, sondern mit völlig ungeschlossenem Strome arbeitet. Dadurch kann es auch für Laboratoriums- und Demonstrationszwecke mit Nutzen verwendet werden, wo im Allgemeinen nur Stromquellen von geringer Wattzahl zur Verfügung stehen. Endlich ist es hier nicht nöthig, dem abzulenkenden Systeme eine eigene Ladung zu ertheilen, womit bekanntlich eine ganze Reihe von Schwierigkeiten fortfallen.



Fig. 1.

Das Voltmeter kann sowohl für sinusoïdalen, wie für einen in seinem zeitlichen Verlaufe sehr stark von dem Sinusgesetze abweichenden Wechselstrom verwendet werden. Ferner können Hochfrequenz- (Tesla-) Ströme und die stark gedämpften Schwingungen von Kondensatorentladungen gemessen werden; eine Grenze ist nur durch die Isolationsfähigkeit des Materiales gegeben. Dass das Instrument auch zum Studium elektrischer Schwingungen nach dem Vorgange des Herrn V. Bjerknes, sowie zur Messung statischer Potentiale und für Gleichstrom verwendet werden kann, ist selbstverständlich.

Für Plattenabstände, welche klein im Vergleiche zu der Plattengrösse sind, also für homogene Felder, ist die Theorie des Instrumentes leicht aufzustellen und die Beziehung zwischen Ablenkung und wirkendem effektiven Potentiale unschwer zu berechnen, wenn man zuvor durch eine Voruntersuchung das Moment der zur Ruhelage zurücktreibenden Richtkräfte ermittelt hat. Man kann dann das Voltmeter als *absolutes* Messinstrument benutzen. Wir haben es mit dem absoluten Zylinderelektrometer der Herren Bichat und Blondlot verglichen und bei geeignetem Plattenabstande innerhalb weiter Grenzen (bis etwa 1800 *Volt*) völlige Proportionalität zwischen der Wurzel aus dem auf Bogen reduzirten Ausschlag und der effektiven Spannung gefunden.

Was die *Empfindlichkeit* des Instrumentes betrifft, so hängt dieselbe natürlich wesentlich von dem Messbereiche ab, innerhalb dessen man mit demselben arbeiten will. Das in Fig. 1 (in etwa $^1/_3$ nat. Gr.) nach einer Photographie dargestellte Instrument haben wir seit längerer Zeit zur Messung von raschperiodigen (etwa 1000 Zeichenwechsel in der Sekunde), transformirten Wechselströmen bis zu 2000 *Volt* effektiver Spannung in Benutzung. Um den gesammten Bereich von 0 bis 2000 *Volt* mit derselben nur 1 *m* langen Skale bei 2,6 *m* Skalenabstand messen zu können, haben wir das Instrument verhältnissmässig unempfindlich gemacht; die Wurzeln der Ausschläge mit 50 multiplizirt geben die Spannungen in *Volt*. Die Aichungskurve, welche die Wurzelzahlen graphisch mit den Spannungen verbindet, verläuft von 0 bis 2000 vollkommen geradlinig; die vorkommenden Abweichungen liegen vollkommen innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler, welche nicht durch unser Instrument, sondern durch die begrenzte Empfindlichkeit der Waage des Bichat-Blondlot'schen absoluten Zylinderelektrometers bedingt sind, welches wir bei der Aichung allein benutzen konnten. Ein kleineres Modell des Instrumentes gab mit einem Richtmagneten im freien Erdfelde von rund 0,18 Einheiten Feldstärke 20 *mm* Ausschlag bei 2,16 *m* Skalenabstand für 64 *Volt* einer 32-zelligen Akkumulatorenbatterie; durch Astasiren war der Ausschlag leicht bis auf das Zehnfache zu steigern. Dabei war das Gewicht des Systems (Aluminiumflügel, Spiegel und Richtmagnet) 0,524 *g*. Ohne Magnet (Gewicht des Systems 0,459 *g*) wurden bei derselben Spannung 300 Skalentheile (*mm*) erzielt. Mit diesem Instrumente, welches ein halbes Jahr bei der Messung von Wechselströmen in demselben wie dem oben angegebenen Spannungsbereiche treffliche Dienste erwiesen hatte, wurden auch Zentralenspannungen gemessen, wobei sich Isolationsfehler des einen oder des anderen Poles direkt nachweisen liessen. Will man die Empfindlichkeit des Instrumentes weiter steigern, so muss man leichtere Systeme und breitere Aluminiumflügel anwenden. Bei Untersuchungen elektrischer Schwingungen, Resonanzphänomenen u. s. w., bei denen man ja meistens Spannungen erzielt, welche Fünkchen, wenn auch nur kleine, im sekundären Kreise geben, darf man die erzielten effektiven Spannungen auf Hunderte von *Volt* bei genügender Entladungszahl im primären Kreise schätzen, Spannungen, für welche das Elektrometer eine ausgiebige Empfindlichkeit besitzt.

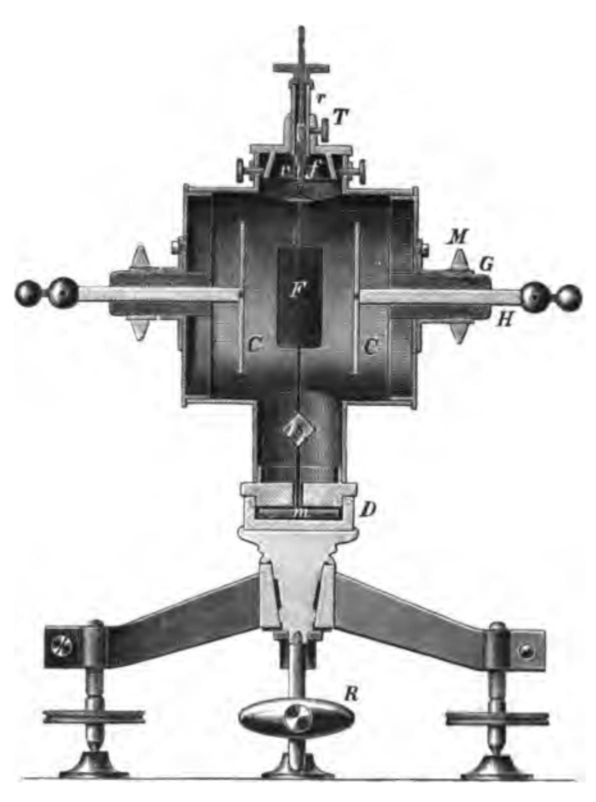


Fig. 2.

Fig. 1 stellt das Instrument in perspektivischer Ansicht dar, konstruktive Einzelheiten sind aus dem Längsschnitte (Fig. 2) ersichtlich. Um eine freie Beweglichkeit des Systemes in seiner Vertikalachse zu erreichen, ohne innerhalb gewisser



Was die ersterwähnte Klasse angeht, so kann man dieselbe auch dadurch definiren, dass bei ihnen identisch *jeder* die eng angenommene Blende passirende *Haupt*-Strahl unter demselben Winkel gegen die Objektivachse wieder austritt, unter dem er einfiel. Dass damit die Aufhebung der Distortion noch nicht erreicht ist, kann man auf folgende Weise begreiflich machen.

Die durch die enge Blende tretenden Hauptstrahlen zielen weder vor Eintritt nach einem und demselben Punkte, noch scheinen sie nach Verlassen des Objektivs von einem gemeinsamen Zentrum auszugehen, obwohl ihre Eintritts- zu ihrer Austrittsrichtung streng parallel ist.

Bestimmt man nun auf der Achse selbst zwei konjugirte Punkte O und O' (Fig. 1) und errichtet in ihnen achensenkrechte Ebenen, so zeigt die Anschauung schon — der Beweis ist *a. a. O.* erbracht —, dass im Allgemeinen das Verhältniss der Entfernungen, in denen objektseitige Hauptstrahlen die Objektebene durchstossen, durchaus verschieden ist von dem Verhältniss entsprechender Strecken auf der Bildseite.

Halten wir einmal diese so vermittelte Erkenntniss als zu Recht bestehend fest, so wird es nicht ohne Interesse sein, den Entwicklungsgang näher zu verfolgen, den die Ansichten über die Distortion nahmen, zumal da es noch bis ganz vor kurzem anerkanntes Dogma war, symmetrische Objektive seien verzeichnungsfrei im strengen Sinne.

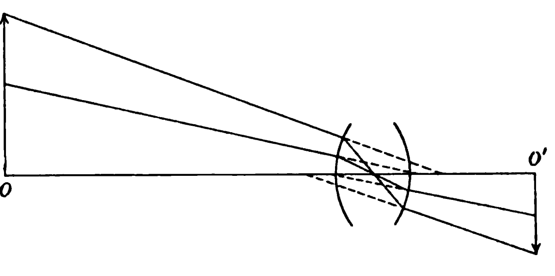


Fig. 1.

Der erste, der sich mit diesem Gegenstande beschäftigte, war wohl George Biddell Airy[1]), welcher die Konstanz des Tangentenverhältnisses vorschrieb, eine Auffassung, die bei dem parallelen Ein- und Austritt der Strahlen beim astronomischen Fernrohr auch Gültigkeit hatte.

Von den ersten Versuchen, auch bei photographischen Objektiven die Verzeichnungsfrage zu lösen, wobei darauf Rücksicht genommen werden musste, dass mindestens das Bild in endlicher Entfernung aufgefangen wurde, sind wir garnicht unterrichtet.

Joseph Petzval, der infolge seiner weit überlegenen Stellung in der Optik zur theoretisch strengen Behandlung dieser Frage sicher gekommen sein wird, lässt uns über seine Ansichten völlig im Unklaren[2]).

---

[1]) G. B. Airy, *On the spherical aberration of the eye-pieces of telescopes. Cambr. Phil. Trans.* **3.** *S. 1 bis 64. 1830;* auch Sonderabdr. 4°. 63 S. mit 1 Tafel. Cambridge, Smith 1827. „*It is evident that an object will be seen without distortion if its image, exactly similar to the object, be formed on a plane; and then the trigonometrical tangent of the angle, made with the axis of the lens by the axis of the pencil after refraction, will bear to the tangent of the angle before refraction a constant ratio: if the ratio be not constant, its difference from a constant ratio will indicate the degree of distortion.*“

[2]) Es ist mir nicht gelungen, andere, als nur ganz gelegentliche, allgemeine Bemerkungen über die Verzeichnung in J. Petzval's Schriften aufzufinden. Die eingehendste ist noch die folgende: „So kann z. B. eine Abweichung, welche nur die perspektivische Richtigkeit des Bildes beeinträchtigt und dadurch ersichtlich wird, dass gerade Linien des Objektes in der Abbildung krumm gezogen erscheinen, ohne Schaden wohl in den meisten Fällen fünfzig Mal grösser gelassen werden als eine Abweichung, die der Schärfe des Bildes Eintrag thut.“ J. Petzval, Bericht über optische Untersuchungen. *Sitz.-Ber. d. K. Akad. d. Wiss., Wien. Math.-naturw. Klasse* **24.** *S. 133 bis 134. 1857;* auch Sonderabdruck 8°. 58 S. *S. 47.* Wien, Karl Gerold's Sohn 1857.

Die ersten etwas eingehenderen Nachrichten über Bemühungen auf unserem Gebiete erhalten wir durch eine Prioritätsreklamation George Shadbolt's[1]), des langjährigen Herausgebers von *The British Journ. of Photogr.*, für Frederick Scott Archer und ihn selbst, aus welcher hervorgeht, dass ersterer schon 1852, beide sicher 1853, mit dieser Angelegenheit sich beschäftigt hatten. Sie waren dabei offenbar von folgender Ueberlegung ausgegangen: Setzt man vor eine Linse von der Brennweite f in der Entfernung a auf der Achse eine enge Blende (Fig. 2), so werden die Achsenwinkel α, β der die Blende passirenden Hauptstrahlen in einer bestimmten, vom Verhältniss a/f abhängigen Weise zu α', β' verkleinert. Stellt man nun zwei Linsen L_1 mit der Brennweite f_1 und L_2 mit f_2 einander gegenüber und stellt die Blende so, dass $a_1/f_1 = a_2/f_2$ (Fig. 3), so werden die inneren Hauptstrahlwinkel sowohl nach vorne wie nach hinten die gleiche Verkleinerung erfahren, und die aussen verlaufenden Theile der

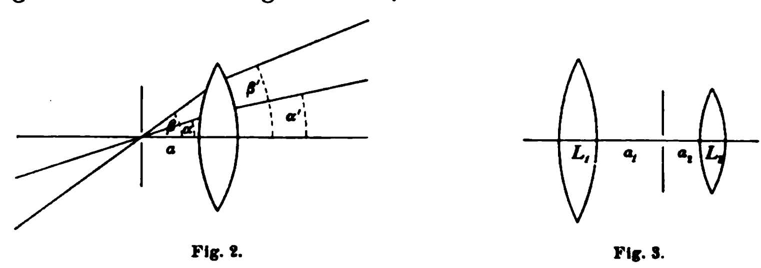


Fig. 2. Fig. 3.

Hauptstrahlen werden einander parallel sein. In dieser Allgemeinheit ist der Satz aber nicht gültig, denn nicht allein das Verhältniss, sondern auch der Typus des Objektivs ist für die Werthe des Konvergenzverhältnisses $\frac{tg\,\alpha'}{tg\,\alpha}$ von Winkeln endlicher Grösse bestimmend. F. Scott Archer und G. Shadbolt sind sich dessen nicht bewusst gewesen, denn sie setzten bei einem Petzval'schen Porträtobjektiv die Blende in den Punkt der Achse, welcher den Linsenabstand im Verhältniss der Brennweiten theilt. Dort gilt ihre Annahme nun sicher nicht wegen der eigenthümlichen Zusammensetzung der Hinterlinse des Porträtobjektivs. Rechnet man nämlich unter Festhaltung der ursprünglich für dieses Objektiv angegebenen Daten und für eine dementsprechend gestellte Blende drei innere Hauptstrahlen durch, so findet man, dass zu den eintretenden Winkeln 7° 12,6', 10° 5,96', 12° 15,28' die austretenden Strahlenwinkel 7° 28,21', 10° 30,27', 12° 48,47' gehören.

Insofern ist also das von J. Rothwell im Herbst 1858 aufgestellte Theorem ein Fortschritt; dasselbe können wir aus den unten[2]) angegebenen Quellen etwa in folgender Weise rekonstruiren:

> Zwei Linsen eines bestimmten Typus sind mit Durchmessern auszuführen, welche ihren Brennweiten proportional sind, und alsdann in homologer Stellung zur Mittelblende in Entfernungen von derselben zu stellen, welche den Brennweiten proportional sind.

Hiermit war in aller Strenge für holo- und hemisymmetrische Objektive die Airy'sche Bedingung erfüllt, und ausserdem war durch J. Rothwell's Einsendung

---

[1]) G. Shadbolt, *Position of the diaphragm in a double combination lens. Phot. Journ. 7. S. 93 bis 94. 1860/62.*

[2]) Th. Sutton, *Distortion corrected in a new portrait and landscape lens. Phot. Notes 3. S. 210. 1858;* derselbe, *Description of a new lens which gives no distortion of the image. Phot. Notes 3. S. 250 bis 252. 1858;* J. Rothwell, *On a theorem and diagram for correcting distortion in photographic pictures. Phot. Journ. 7. S. 60 bis 61. 1860/62.*

seines Theorems an Thomas Sutton, den Herausgeber der *Photographic Notes*, der es seinerseits zur Kenntniss des englischen Optikers Andrew Ross und seiner Mitarbeiter Thomas Ross und John Henry Dallmeyer brachte, dasselbe in den Besitz einer Reihe von Optikern und Theoretikern gekommen.

Seine Richtigkeit war anerkannt worden, und so finden wir es denn in dem ersten Vortrage[1]) des inzwischen selbstständig gewordenen J. H. Dallmeyer mit vollem Namen des Urhebers angegeben. Die Verzeichnung der Einzellinse führt der Vortragende auf die wachsende Abnahme des Konvergenzverhältnisses zurück, welche auch thatsächlich den Hauptgrund dafür liefert, und er erklärt diese Abnahme in einer hübschen, leicht fasslichen Weise durch die Zunahme des brechenden Winkels an demjenigen Prisma, welches man an die Stelle des gerade von dem betrachteten Hauptstrahl passirten Linsentheiles setzen kann. Er zeigt die Verschiedenheit des Charakters der Verzeichnung, wenn man einmal wie bei den einfachen Landschaftslinsen die Blende nach vorn, dann wie bei dem von ihm betrachteten Exemplar des Petzval'schen Landschaftsobjektivs (Orthoskops) dieselbe nach hinten setzt.

Einer weiteren Fortbildung der Ansichten über die Verzeichnung begegnen wir erst in einer ausführlichen Arbeit des schottischen Zivilingenieurs Robert H. Bow, die einen von ihm 1861 gehaltenen Vortrag[2]) wiedergiebt. Der Inhalt desselben lässt ein genaueres Eingehen gerechtfertigt erscheinen.

Nach der Besprechung des Eindrucks perspektivischer Uebertreibung, den photographische Aufnahmen erwecken, wenn sie von einem falschen Augenpunkte aus betrachtet werden, geht er zur Verzeichnung der Einzellinse über und betrachtet der Einfachheit der Rechnung wegen eine plankonvexe Linse mit scharfem Rande, bei der die Blendenmitte gerade so weit entfernt ist, dass der durch dieselbe gehende und nach der scharfen Kante zielende Strahl mit der Achse einen Winkel von 30° bildet. Die übrigen Strahlen sind dann diejenigen, deren Tangenten die Werthe haben: $\frac{3}{4}\,tg\,30^0$, $\frac{2}{4}\,tg\,30^0$, $\frac{1}{4}\,tg\,30^0$ (Fig. 4 a. f. S.)

Den Werth des Tangentenverhältnisses für achsennahe Strahlen kann man sehr leicht berechnen, da man bei diesen die Sinus und Tangenten gleich den Bogen setzen kann. Bezeichnet man nun mit n den Brechungsexponenten, mit R den Radius, mit D den Abstand der Blendenmitte von der planen Fläche und mit T die Linsendicke, so erhält man

$$\gamma = 1 - \frac{(n-1)}{R}\left(D + \frac{T}{n}\right)$$

als den Werth des Konvergenzverhältnisses für achsennahe Strahlen.

R. H. Bow wählt γ als Maasseinheit der Reproduktion (*the unit of non-distortion*) und entwickelt unter der vereinfachenden Annahme $n = 1{,}5$ diesen Werth richtig zu

$$1 - \frac{D + \frac{2}{3}T}{2R}.$$

Rückt die Bildebene in die Unendlichkeit, so wird die Verzeichnung definirt durch das Verhältniss der Tangenten der Austrittswinkel zu denen der Eintrittswinkel und, um alles auf die Maasseinheit zu bringen, werden die betreffenden Werthe des

---

[1]) J. H. Dallmeyer, *On the nature of distortion, as produced by the present forms of view lenses; and on a lens or combination of lenses, free from this defect. Phot. Journ.* **6.** *S. 247 bis 251. 1859/60;* auch übersetzt in *Kreutzer's Zeitschr. f. Fot. u. Stereosk.* **2.** *S. 289 bis 293. 1860.*

[2]) R. H. Bow, *On photographic distortion. (Read at a meeting of the Edin. Phot. Soc. 6. Nov. 1861.) The British Journ. of Photogr.* **8.** *S. 417 bis 419 u. S. 440 bis 442. 1861*; auch übersetzt in *Kreutzer's Zeitschr. f. Fot. u. Stereosk.* **6.** *S. 46 bis 56. 1862.*

Konvergenzverhältnisses noch mit $^4/_4\gamma$, $^3/_4\gamma$, $^2/_4\gamma$, $^1/_4\gamma$ multiplizirt. Die so erhaltenen Zahlen sind ihm charakteristisch für die Verzeichnung, und er bemerkt schon ganz richtig, dass dieselben für die unendliche Bildentfernung ein Maximum sind, dass mithin die Verzeichnung für geringere Bildabstände abnehmen würde. Diese sehr wichtige Bemerkung bezüglich der Variation der Verzeichnung mit dem Reduktionsmaassstabe oder der Bildentfernung ist aber für ihn nicht von vollem Nutzen, da er die Objekt- und Bildpunkte auf der Achse nicht als konjugirte annimmt. Er erkennt auch nicht den Grund dieser Variabilität, der in der sphärischen Aberration des Hauptstrahlenbüschels zu suchen ist; trotzdem ist die Formel, deren er sich zur Berechnung der thatsächlichen Schnitthöhen bedient, richtig, weil in ihr, ihm selbst unbewusst, diese sphärische Aberration enthalten ist. Die Werthe der Verzeichnung, genauer Verkürzung, gelten für Bildpunkte in bestimmter Entfernung von der Achse oder von bestimmtem „Radius" (*contraction over whole radii*), also auch für die Peripherien der mit denselben um den Achsenschnittpunkt beschriebenen Kreise, weshalb er sie auch seitliche Verkürzung nennt (*lateral contraction at end of radii*).

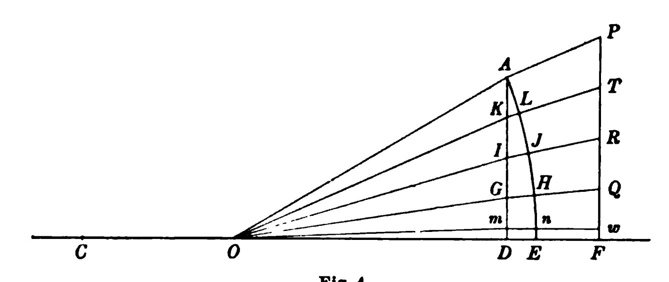


Fig. 4.

$$tg\,AOD = {}^4/_4\,tg\,30^0;\quad tg\,KOD = {}^3/_4\,tg\,30^0;\quad tg\,IOD = {}^2/_4\,tg\,30^0;\quad tg\,GOD = {}^1/_4\,tg\,30^0$$

$$\gamma = \frac{tg\,nw,\,DF}{tg\,m\,OD}\ \text{Maasseinheit } (\textit{unit of non-distortion}).$$

Definition der Verzeichnung für grosse Bildentfernung, $DF = \infty$, durch die Werthe von

$$\frac{4}{4\gamma}\cdot\frac{tg\,PA,\,DF}{tg\,AOD};\quad \frac{3}{4\gamma}\cdot\frac{tg\,TL,\,DF}{tg\,KOD};\quad \frac{2}{4\gamma}\cdot\frac{tg\,RJ,\,DF}{tg\,IOD};\quad \frac{1}{4\gamma}\cdot\frac{tg\,QH,\,DF}{tg\,GOD},$$

welche in gewisser Weise von den entsprechenden Normalzahlen

1,0 0,75 0,5 0,25

abweichen.

Verlängert man aber einen solchen Radius um einen kleinen Betrag, so wird die entsprechende Verlängerung im Bilde nicht proportional sein, sondern ebenfalls eine Verkürzung erfahren, die jener seitlichen nicht gleich sein wird, eine Eigenthümlichkeit, die schon G. B. Airy aufgefallen war[1]). Er führt dafür den Namen „radiale Verkürzung" (*radial contraction at end of radii*) ein. Der Betrag derselben wird in folgender Weise bestimmt: Es wird angenommen, dass die absoluten Verkürzungen v proportional sind den m-ten Potenzen der Radien r selbst. Ist also die absolute Verkürzung v des Radius r gegeben durch

$$v = A\,r^m,$$

so ist die prozentische

$$\frac{100\,v}{r} = 100\,A\,r^{m-1}.$$

[1]) „*If, after examining an object in the center of the field of view, we bring it to the outside, we shall frequently find, that it is extended in the direction of a radius of the field of view, and that it is increased, though in a smaller degree, in the other dimension.*" G. B. Airy, *a. a. O. S. 2.*

Einer Aenderung von r in $r + \Delta r$ entspreche eine Aenderung von v in $v + \Delta v$, dann ist bei Annahme eines hinreichend kleinen Δr

$$\Delta v = m A r^{m-1} \Delta r$$

und die prozentische radiale Verkürzung

$$\frac{100 \, \Delta v}{\Delta r} = 100 \, m \, A \, r^{m-1} = m \cdot \frac{100 \, v}{r},$$

d. h. am Ende eines Radius ist die prozentische radiale Verkürzung m-mal so gross als die laterale, wenn diese proportional ist der m-ten Potenz des Radius r. Der Weg, auf dem R. H. Bow die Zahlenwerthe seiner m (immer nahezu 3) findet, ist mir nicht völlig klar; jedenfalls aber ist er in den Stand gesetzt, die Verzeichnung zu diskutiren, die ein kleines, von konzentrischen Kreisbögen und zwei Radienstücken begrenztes Trapez in der Abbildung erfährt.

Bei der Diskussion der Eigenschaften der aus zwei plankonvexen Linsen symmetrisch zusammengesetzten Doppelobjektive bezieht er sich konsequenter Weise auf die voraufgehende Abhandlung über das Einzelobjektiv, indem stets als innere Winkel die vier oben angeführten kanonischen Winkel angenommen sind. Hat man nun sowohl auf der Objekt- als auf der Bildseite dieselben Radienverhältnisse für die im Innenraum des Objektivs geltenden Hauptstrahlenwinkel mit den Tangenten $\frac{4}{4}\, tg\, 30^0$, $\frac{3}{4}\, tg\, 30^0$, $\frac{2}{4}\, tg\, 30^0$, $\frac{1}{4}\, tg\, 30^0$, so muss offenbar das Bild dem Objekte ähnlich sein. Er zeigt dann, dass man durch die richtige Blendenstellung einerseits und Objekt- und Bildentfernung andererseits, sowie passende Auswahl der konvexen Radien stets eine für alle praktischen Zwecke ausreichende Aehnlichkeit erzielen könne (*... when the distances of the object and picture, the foci of the lenses, and their distances from the stop are all properly adjusted*). Er selbst giebt aber zu, dass die richtige Wahl aller dieser Variabeln ganz ausserordentlich schwierig sein würde; in seinen Beispielen bedient er sich der Variation von Objekt- und Bildabstand zur Herbeiführung des gewünschten Effekts, ohne dabei indessen darauf zu achten, ob Objekt- und Bildabstand in Bezug auf das Doppelobjektiv konjugirt sind. Er fasst eben offenbar den Bildpunkt auf als Durchstossungspunkt des Hauptstrahls auf der Mattscheibe, was bei unendlich dünnen Büscheln auch zulässig, bei endlich geöffneten, die in der Praxis allein vorkommen, aber nicht ohne Weiteres möglich ist.

Doch selbst bei zweckmässigster Verfügung über die verschiedenen Elemente ist die Verzeichnung doch nur praktisch, nicht aber theoretisch vollkommen beseitigt. Dies ist nur dann der Fall, wenn mit einer Kombination aus zwei ähnlichen, im Maassstabe k und 1 ausgeführten und der Blende in diesem Verhältniss genäherten plankonvexen Linsen eine k-fache Reduktion des Objektes vorgenommen wird. Alsdann sind nämlich, wie R. H. Bow zeigt, nicht nur die Winkel der ein- und austretenden Hauptstrahlen einander gleich, sondern es verhalten sich auch die Höhen, unter denen sie die konvexen Flächen der Linsen passiren, sowie die Abstände dieser von Objekt und Bild streng wie $k:1$.

Dieser Fall ist, wie eine einfache Ueberlegung zeigt, auch für Objektive endlicher Oeffnung streng richtig, da Objekt- und Bildebene die Achse in konjugirten Punkten schneiden.

So hatte denn R. H. Bow, allerdings ohne als den wahren Grund der Verzeichnung die sphärische Aberration des Hauptstrahlenbüschels hervorzuheben, doch die merkwürdige Eigenschaft der holo- und hemisymmetrischen Objektive, für *ein* bestimmtes Reduktionsverhältniss von Verzeichnung streng frei zu sein, richtig erkannt.

In dem hier besprochenen Vortrage hatte R. H. Bow die Richtigkeit einiger Ansichten Th. Sutton's bezweifelt und besonders auch die Verzeichnungsfreiheit von dessen „*symmetrical triplet*" in Frage gezogen; es war daher nur natürlich, dass dieser darauf antwortete[1]).

Er nimmt in seiner Antwort die Gelegenheit wahr, seine frühere Theorie zu modifiziren, denn der parallele Ein- und Austritt ist noch nicht hinreichend für die Herbeiführung von Verzeichnungsfreiheit. Der Grund dafür ist der, dass ein auf die Vorderfläche der Linse auffallendes Büschel, welches sich sonst in einem Punkte vereinigen würde, durch das Passiren der Vorderlinse mit sphärischer Aberration behaftet wird (. . . *but unfortunately they would not pass through the diaphragm, because the front lens has not the power of bringing all the rays of a large converging pencil to the same exact focus. It is unfortunately subject to spherical aberration* . . .). Er macht auch ganz richtig darauf aufmerksam, dass seine „*panoramic lens*", eine mit Wasser gefüllte Glashohlkugel, vollkommen verzeichnungsfrei ist, weil hier von sphärischer Aberration des Hauptstrahlenbüschels infolge senkrechter Inzidenz auf alle Trennungsflächen keine Rede ist.

Wir sehen hier also insofern einen Fortschritt gegen R. H. Bow, als die Wichtigkeit der sphärischen Aberrationen des Hauptstrahlenbüschels ausgesprochen wurde, dagegen machte Th. Sutton im Einzelnen keinen Versuch, die Folgen zu ermitteln, welche Grösse und Zeichen dieser Aberrationen auf die Verzeichnung des Doppelobjektivs hätten, wie er denn überhaupt der trigonometrischen Rechnung, also auch der Bestimmung dieser Aberrationen, durchaus abgeneigt war.

Einige Jahre später nahm er diese Untersuchungen für die Landschaftslinse wieder auf[2]) und entwickelte an einer einfachen plankonvexen Linse folgenden Beweis dafür, dass gleichzeitig die Tangentenbedingung erfüllt sei, sobald nur die Vorderblende aberrationsfrei durch die Landschaftslinse abgebildet würde.

Es sei QR (Fig. 5) das zu kopirende Objekt, P ein Punkt darin, DEB eine einfache Landschaftslinse mit der engen Blende A vorn, qrp das Bild von QRP. Nimmt man nun an, es sei möglich, eine Linse so zu konstruiren, dass die austretenden Hauptstrahlen Dr, Ep, Bq rückwärts verlängert sich alle in einem Punkte C schneiden, so ist die Verzeichnungsfreiheit für die Kopie erreicht, da

$$\begin{array}{c} QP : QR = BE : BD, \\ BE : BD = qp : qr, \\ \hline QP : QR = qp : qr. \end{array}$$

Mithin ist die Verzeichnungsfreiheit nur ein besonderer Fall der Korrektion sphärischer Aberrationen, nämlich der aberrationsfreien Abbildung der Blendenmitte durch die Landschaftslinse.

Der wörtlich nach Th. Sutton gegebene Beweis gilt nur für eine unendlich dünne Linse, er hat die dort zutreffende Annahme zur Voraussetzung, dass die Schnittpunkte der beiden, die Richtung des betreffenden Hauptstrahls vor und nach der Brechung durch die Linse angebenden Geraden sämmtlich auf einer Senkrechten, hier BED, liegen.

Eine experimentelle Bestätigung der von so vielen Verfassern theoretisch entwickelten Ansichten liefert der Amerikaner J. E. Hilgard[3]), welcher über die Re-

---

[1]) Th. Sutton, *Distortion produced by lenses. Phot. Notes 7. S. 3 bis 5. 1862.*

[2]) Th. Sutton, *New meniscus lens. Phot. Notes 9. S. 58 bis 60. 1864.*

[3]) J. E. Hilgard, *Trial of Harrison's globe lens at the Coast Survey Office. Phot. Notes 8. S. 174 bis 176. 1863.*

sultate einer Prüfung der holosymmetrischen *globe lens* von Harrison und Schnitzer im *Coast Survey Office* berichtet.

Als Objekt diente ein Quadrat von 81,4 *cm* (32 *inch*) Seitenlänge, durch dessen Mittelpunkt zu den Seiten Parallele gezogen waren, wodurch je drei sich senkrecht schneidende, genau gleich lange Geraden entstanden, die sich zu Testobjekten auf Verzeichnung sehr gut eigneten, und deren Bilder leicht einer genauen Ausmessung unterzogen werden konnten. Es ergaben sich bei einer etwa 1,47-fachen Verkleinerung für die beiden Geradentripel die folgenden Werthe und zwar für die

Senkrechten		Horizontalen	
rechts	55,24 *cm*	oben	55,20 *cm*
mitten	55,17 „	mitten	55,15 „
links	55,22 „	unten	55,20 „ .

Es ist das ein Befund, aus welchem hervorgeht, dass Objekt- und Bildebene nicht genau gegeneinander ausgerichtet waren, doch ist die kissenförmige Verzeichnung (vgl. *diese Zeitschr.* **17.** *S. 274. 1897*) deutlich erkennbar.

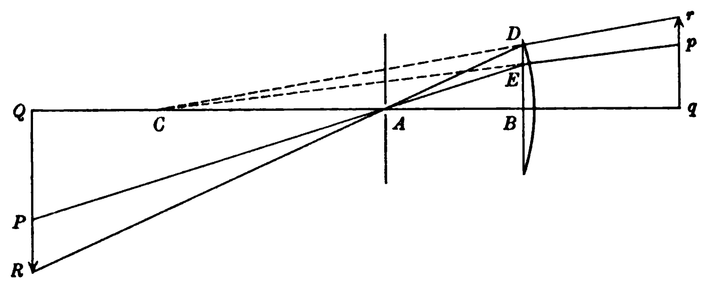


Fig. 5.

Entworfen nach Th. Sutton's Diagramm unter Beibehaltung der ursprünglichen Bezeichnung; nur wurde in der Zeichnung rechts und links vertauscht, um auch hier den Strahlengang von links nach rechts gehend darzustellen.

Bei einer Reproduktion auf gleiche Grösse war ebenfalls keine völlig genaue Ausrichtung vorhanden, doch wird ausdrücklich hervorgehoben, dass die Werthe der Verzeichnung geringere waren als oben. Da sie dort 0,7 *mm* im Maximum betrugen, so ist die Annahme möglich, dass sie hier innerhalb der Grenzen der Genauigkeit der Messung fielen.

Nahezu die ganze Theorie wird dann noch einmal in dem Jahre 1868 von dem Amerikaner Henry Morton[1]) zusammengefasst, welcher nach seiner eigenen Aussage nichts von den Arbeiten seiner Vorgänger gekannt hat. Derselbe sieht ganz deutlich, ähnlich wie es Th. Sutton that, dass die Erfüllung der Tangentenbedingung allein noch nicht ausreiche, ein symmetrisches Objektiv verzeichnungsfrei zu machen, sondern dass noch die Forderung erfüllt werden müsse, monozentrische Hauptstrahlenbüschel seien wieder monozentrisch durch die vor und durch die hinter der Blende gelegenen Systemtheile abzubilden. Daneben bemerkt er an den in Gebrauch befindlichen, dieser Bedingung nicht entsprechenden Linsen den Umstand, der nach R. H. Bow, soweit mir die einschlägige Literatur bekannt ist, nicht wieder aufgenommen worden war, dass die Verzeichnung dem Abstande nach verschieden sei, und dass holosymmetrische Objektive wie Harrison's und Schnitzer's *globe lens* am günstigsten hin-

[1]) H. Morton, *Lenses of least distortion.* (*Philad. Photogr.*) *The British Journ. of Photogr.* **15.** *S. 185 bis 186. 1868.*

sichtlich der Verzeichnung gestellt seien bei Reproduktionen auf gleiche Grösse, hemisymmetrische wie J. Zentmayer's Satzobjektiv dagegen bei einem anderen Reduktionsverhältniss. Die beiden Schlussabsätze machen übrigens den Eindruck, als habe H. Morton durchaus nicht alles sagen wollen, was er nach dieser Richtung hin wusste.

So sehen wir also, dass die englisch-amerikanische Optik in der Verzeichnungsfrage durch einfache Betrachtung des thatsächlich stattfindenden Strahlenganges die Theorie der Verzeichnung so gut wie vollständig, wenn auch nicht durch einen Vertreter, aufgestellt hat, während in der deutschen die Kenntniss der Haupt- und Knotenpunkte, die in dem Falle unsymmetrischer Konstruktionen mit den Pupillen des Instruments nicht zusammenfallen und daher auch mit dem thatsächlichen Strahlengange nichts zu thun haben, für längere Zeit verwirrend wirken sollte.

Im Allgemeinen und für den Stand der Optik in beiden Ländern geltend ist aber die Bemerkung, dass man sich in Folge der praktisch so gut wie garnicht ins Gewicht fallenden Verzeichnungsfehler symmetrischer oder nur wenig von der Symmetrie abweichender Objektive daran gewöhnte, die Symmetrie der Konstruktion an sich schon für eine Gewährleistung der Verzeichnungsfreiheit anzusehen.

Spektrophotometer mit Lummer-Brodhun'schem Prismenpaar.

Von
Dr. **Hugo Krüss** in Hamburg.

Bei Konstruktion des im Nachfolgenden zu beschreibenden Spektrophotometers ging ich von der Absicht aus, ein Instrument zu schaffen, mit welchem man sowohl die Gesammthelligkeit zweier Lichtquellen gegeneinander vergleichen kann, als auch die Helligkeit derselben in den verschiedenen Theilen des Spektrums, derart, dass durch eine leicht und schnell zu beschaffende Veränderung des ganzen Instruments es einmal dem einen, das andere Mal dem anderen Zwecke dienlich sei.

Dieselbe Aufgabe habe ich bereits früher einmal zu lösen versucht durch Verbindung eines Spektrophotometers nach Vierordt mit einem Bunsen'schen Photometerkopf[1]) in folgender Weise.

In Fig. 1 stellt A den Spektralapparat mit dem symmetrischen Doppelspalt S dar, B ist ein gewöhnliches Bunsen'sches Photometer. Beide Theile sind durch ein Gestell C mit einander verbunden, dieses ist um die Achse D drehbar. Der ganze Apparat kann auf einer Photometerbank zwischen den beiden miteinander zu vergleichenden Lichtquellen verschoben werden. Vor dem Doppelspalt S befinden sich zwei kleine Reflexionsprismen, das eine vor der oberen, das andere vor der unteren Spalthälfte; das eine reflektirt Licht von der einen, das andere Licht von der anderen Lichtquelle auf den Spalt. Wird der Apparat so aufgestellt, dass die Ebene des Spaltes in der Verbindungslinie $a\,b$ der beiden Lichtquellen liegt, so wird bei Drehung des ganzen Stativs um 180° um die Achse D die auf der Mitte des Fettfleckes Senkrechte $a_1\,b_1$ in diese Verbindungslinie fallen. Man ist somit durch diesen Apparat in der Lage, unmittelbar nacheinander die Gesammtintensität zweier Lichtquellen und ihre Helligkeit in einer bestimmten Spektralregion miteinander zu vergleichen.

Herr Prof. Rupert W. Turnbull in Ithaca, N. Y., stellte mir nun vor einiger Zeit die Aufgabe, ein derartiges Instrument zu konstruiren unter Verwendung des von den Herren Prof. Lummer und Brodhun angegebenen photometrischen Prinzips.

---

[1]) H. Krüss, Elektrotechnische Photometrie. *S. 267.* Wien, Hartleben.

Es wäre natürlich ohne Weiteres möglich gewesen, den Bunsen'schen Photometerkopf an dem soeben kurz erwähnten Instrument durch einen Photometerkopf nach Lummer und Brodhun zu ersetzen. Es erschien aber Herrn Prof. Turnbull und mir verlockender, den Lummer-Brodhun'schen Photometerkopf selbst durch geeignete Hinzufügungen in ein Spektrophotometer umzuwandeln.

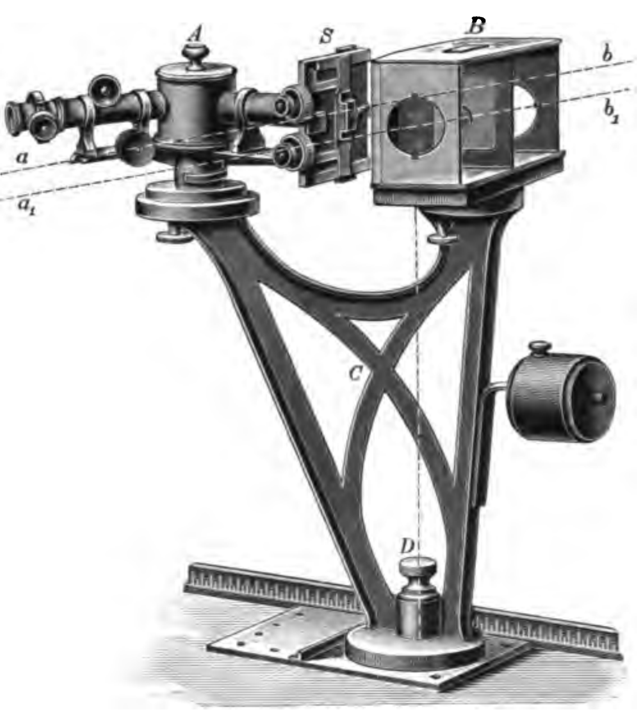


Fig. 1.

Lummer und Brodhun haben selbst bereits ihr photometrisches Prinzip zur Konstruktion eines Spektralphotometers benutzt[1]). Das von ihnen angegebene Instrument ist seiner Grundform nach ein Spektralapparat mit abgelenktem Strahl (nach Bunsen und Kirchhoff); es ist dem Apparat ferner ein zweites Kollimatorrohr hinzugefügt, welches senkrecht zu dem gewöhnlichen Kollimatorrohr steht, und im Kreuzungspunkte der beiden Kollimatorrohre befindet sich das Lummer-Brodhun'sche Prismenpaar, welches in bekannter Weise das von dem einen Spalt kommende Licht hindurchlässt und das von dem anderen Spalt kommende reflektirt, so beide in derselben Richtung auf das zerstreuende Prisma und nach dem Austritt aus diesem in das Beobachtungsfernrohr leitend.

Diese Anordnung löst die Aufgabe, den Lummer-Brodhun'schen Prismenwürfel in einem Spektralphotometer zu verwenden, in glücklichster und einfachster Weise. Das daraus erwachsene Instrument eignet sich aber nicht dazu, wie ein gewöhnlicher Photometerkopf auf einer optischen Bank zwischen den beiden miteinander zu vergleichenden Lichtquellen hin und her bewegt zu werden, bis Helligkeitsgleichheit erzielt ist, einmal seines Gewichts wegen und sodann wegen der rechtwinkligen Stellung der beiden Kollimatorrohre zu einander. Wollte man aber auch das Instrument in fester Stellung benutzen, so fehlt doch die Möglichkeit, die beiden Lichtquellen auch in Bezug auf ihre Gesammthelligkeit miteinander zu vergleichen.

Beschreibung des Apparates.

Ich ging zur Erreichung meines Zweckes deshalb nicht von dem Typus des Spektralapparates in der Bunsen-Kirchhoff'schen Form aus, sondern von dem in der photometrischen Technik üblichen Photometerkopf nach Lummer und Brodhun in der Anordnung, wie ich dieselbe seit längerer Zeit ausführe[2]). Fig. 2 zeigt schematisch die Konstruktion dieses Photometerkopfes. Die beiden Seiten des Photometerschirmes *P* werden von den beiden Lichtquellen beleuchtet. Die von diesen beiden

---

[1]) *Diese Zeitschr.* **12.** *S. 132. 1892.*

[2]) *Journal f. Gasbel.* **37.** *S. 61. 1894 und* **39.** *S. 265. 1896.*

Schirmseiten ausgehenden Strahlen werden durch die beiden Spiegel *S* auf das Lummer-Brodhun'sche Prismenpaar *R* gelenkt und von demselben hindurchgelassen bezw. gespiegelt[1]). Sodann treten sie in das Reflexionsprisma *r* und werden von demselben um 45⁰ abgelenkt, sodass sie wieder in die Ebene des Photometerschirmes *P* gelangen. Es wird in Folge dessen das Okular, durch welches man die Felder des Lummer-Brodhun'schen Würfels *R* betrachtet, sich in der Achse des Photometerkopfes befinden, sodass bei Drehung desselben um 180⁰ das Auge des Beobachters in derselben Lage verbleiben kann.

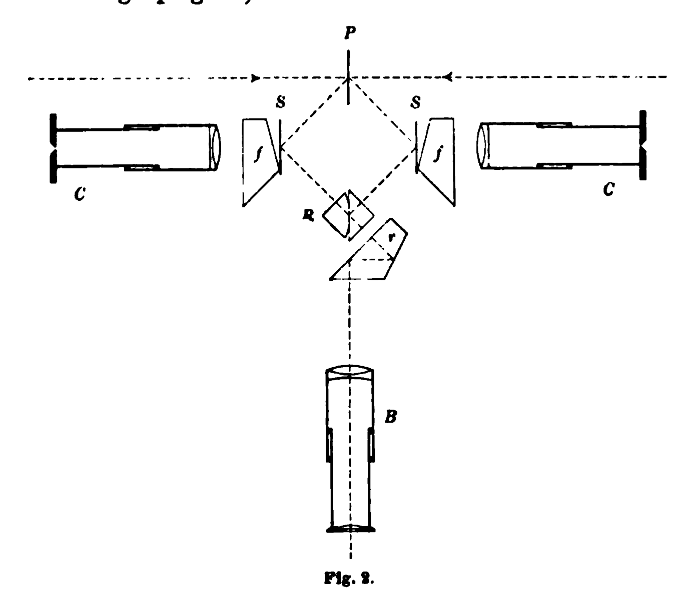


Fig. 2.

In Fig. 2 sind sodann auch noch diejenigen Theile angedeutet, welche hinzukommen müssen, um den Apparat zum Spektrophotometer zu gestalten. Mit den Spiegeln *S* sind fest verbunden die Reflexionsprismen *f* und die Kollimatorrohre *C*. Diese miteinander verbundenen Theile können, wie aus der Abbildung des Instrumentes (Fig. 4) ersichtlich ist, parallel der Ebene des Photometerschirmes verschoben werden, bis die Achse der Kollimatorrohre in die Senkrechte auf der Mitte des Photometerschirmes fällt. Diese Stellung und der dann stattfindende Strahlengang ist in Fig. 3 schematisch dargestellt.

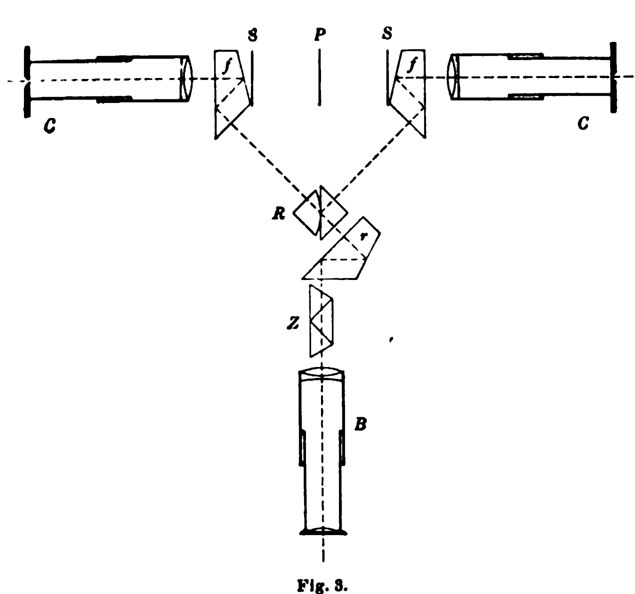


Fig. 3.

Die Spiegel *S* sind aus der Stellung, welche sie in Fig. 2 inne hatten, entfernt und ausser Thätigkeit gesetzt. Dadurch ist aber ferner eine Oeffnung in der Seitenwand des Photometergehäuses frei geworden, welche bisher durch die Spiegel *S* verschlossen war. Andererseits sind die seitlichen Oeffnungen in der Höhe des Photometerschirmes *P* nun durch die Spiegel *S* verschlossen.

Die vor den Spalten der Kollimatorrohre *C* in der Achse der letzteren verlaufenden Strahlen werden durch die Reflexionsprismen *f* um 45⁰ abgelenkt, treten durch die seitlichen Oeffnungen des Photometergehäuses und treffen von beiden Seiten in derselben Richtung, wie die in der ersten Stellung von den Spiegeln *S*

[1]) Lummer und Brodhun, Photometrische Untersuchungen I. *Diese Zeitschr.* **9.** *S. 41. 1889.*

reflektirten Strahlen, auf den Lummer-Brodhun'schen Würfel *R* und gelangen von diesem durch das Reflexionsprisma *r* in die Ebene des Photometerschirmes *P*.

Hier wird nun das zerstreuende dreifache Prisma *Z* mit gerader Durchsicht eingeschaltet, sodass in das Beobachtungsrohr *B* ein spektral zerlegtes Lichtbüschel eintritt.

Nach dieser schematischen Darstellung der Konstruktion des Instrumentes sei dasselbe in seinen einzelnen Theilen eingehender beschrieben.

Das ganze Instrument wird auf einem auf der Photometerbank verschiebbaren Schieber befestigt und kann mit diesem zwischen den auf den beiden Enden der Photometerbank aufgestellten Lichtquellen, deren Helligkeit miteinander verglichen werden soll, hin und her bewegt werden.

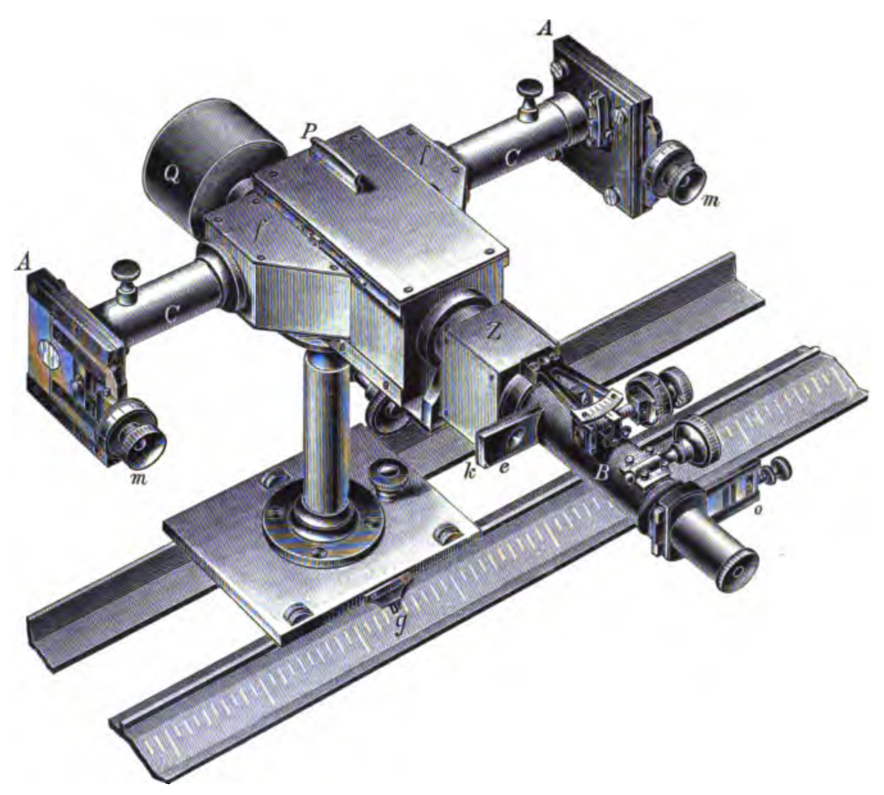


Fig. 4.

Der mittlere Körper des Instrumentes enthält den Photometerschirm *P* und das Lummer-Brodhun'sche Prismenpaar *R*. Er ist um seine von vorn nach hinten gehende Achse in Lagern um 180° drehbar, trägt ferner einen Kasten mit dem zerstreuenden Prisma *Z* und daran das Beobachtungsrohr *B*, welches an der vorderen durchbohrten Achse befestigt ist, hinten das Gegengewicht *Q*. Die Seitenwände dieses Körpers sind oben und unten mit Leisten versehen, zwischen denen sich die Kasten mit den Spiegeln *S* und den Reflexionsprismen *f* bewegen, an welchen die Kollimatorrohre *C* mit den Spalten *A* befestigt sind. Diese in den Leisten verschiebbaren Körper finden in zwei Stellungen einen Anschlag, nämlich in denjenigen, die in Fig. 2 und Fig. 3 angedeutet sind; in der ersten Stellung sind die Oeffnungen vor dem Photometerschirm frei, sodass derselbe beleuchtet wird, und die Spiegel *S* sind in der richtigen Stellung, um das Bild des Photometerschirms nach dem Prismenpaar *R* zu re-

flektiren; in der zweiten Stellung befinden sich die Spalte *A* in der Mittelebene der optischen Bank, also auch in der Verbindungslinie der beiden Lichtquellen, sodass das Licht derselben durch die Spalte in der Richtung der optischen Achse der Kollimatorrohre dringt und mittels der Reflexionsprismen *f* durch die nun von den Spiegeln *S* befreiten Seitenöffnungen auf das Prismenpaar *R* geleitet wird.

Die besprochenen seitlichen Ansätze können durch Lösen einer Feder auch ganz von dem Körper des Instrumentes abgeschoben werden. Es ist dieses wenigstens für den einen der beiden Ansätze nothwendig, wenn man den Photometerkörper um 180° drehen will. Eine solche Drehung geschieht bekanntlich, um sich zu überzeugen, ob das Photometer gleichseitig ist, bezw. um bei vorhandener Ungleichseitigkeit durch zwei Einstellungen in um 180° verschiedenen Lagen des Instrumentes die Ungleichseitigkeit zu eliminiren. Wollte man das Instrument ohne Abnahme eines der seitlichen Ansätze durchschlagen, so müsste das Gestell sehr hoch werden, was die Stabilität des Ganzen beeinträchtigen würde. Deshalb ist es vorzuziehen, den einen Ansatz abzuschieben und ihn nach erfolgter Drehung des Körpers des Instrumentes wieder aufzustecken. Es ist ja nicht erforderlich, bei jeder Beobachtung eine Umlegung des Instrumentes vorzunehmen, da man die einmal bestimmte und von Zeit zu Zeit kontrolirte Ungleichseitigkeit auch durch Rechnung aus dem Messungsergebniss beseitigen kann.

Die Oeffnungen der Mikrometerspalte *A* gehen durch die optische Achse der Kollimatoren und werden durch eine Mikrometerschraube symmetrisch zur optischen Achse in ihrer Weite regulirt, sodass die Spalte bei verschiedenen Weiten immer symmetrisch zur optischen Achse bleiben. Die beiden Spalte *A* besitzen zur Regelung ihrer Weite Mikrometerschrauben *m* von genau gleicher Ganghöhe, die Weite kann an einer getheilten Trommel abgelesen werden.

Das Lummer-Brodhun'sche Prismenpaar *R* besteht bekanntlich aus zwei rechtwinkligen Prismen. Bei den zu gewöhnlichen photometrischen Messungen benutzten Apparaten ist die Hypotenusenfläche *a* des einen dieser Prismen rund abgeschliffen; sie wird so fest gegen die Hypotenusenfläche des anderen Prismas gepresst, dass sie dieselbe unmittelbar berührt und das Licht ungehindert hindurchgeht, während das Licht von dem umgebenden freien Theil *b* dieser zweiten Hypotenusenfläche reflektirt wird. So erblickt man im Beobachtungsfernrohr durch die Mitte *a* (Fig. 5) die eine Seite des Photometerschirmes und durch den Ring *b* die andere. Bei gleich heller Beleuchtung der beiden Seiten des Schirmes erscheinen *a* und *b* in gleicher Helligkeit und die Grenze zwischen beiden verschwindet, vorausgesetzt, dass zwei gleichfarbige Lichtquellen miteinander verglichen werden.

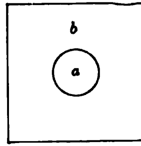


Fig. 5.

Lummer und Brodhun haben bereits darauf aufmerksam gemacht[1]), dass bei Verwendung ihres Prismenpaares zu einem Spektrophotometer diese Anordnung zu verlassen ist und die Grenzlinien zwischen den von der einen und der anderen Lichtquelle beleuchteten Würfelfeldern senkrecht zur brechenden Kante des zerstreuenden Prismas, in unserem Falle also horizontal, verlaufen müssen, weil sonst keine scharf getrennten Spektren der beiden Lichtquellen entstehen. Es wurde deshalb das eine Prisma nicht rund, sondern bis auf einen schmalen horizontalen Streifen abgeschliffen und mit diesem gegen die Hypotenusenfläche des anderen Prismas gepresst, sodass hier der das Licht durchlassende Theil *a* des Würfelfeldes als ein

---

[1]) *Diese Zeitschr.* **12.** *S. 138. 1892.*

Streifen erscheint, gegen welchen oben und unten andere Streifen *b* grenzen, von welchen das Licht reflektirt wird (Fig. 6).

Das zerstreuende Prisma *Z* kann durch einen verschiebbaren Knopf *k* in den Strahlengang eingeschaltet oder aus ihm entfernt werden.

Das Beobachtungsfernrohr *B* ist durch eine Schraube *s* um eine senkrechte durch sein Objektiv gehende Achse drehbar, die ganzen Umdrehungen der Schraube *s* können an einer Theilung *t*, die Unterabtheilungen an einer getheilten Trommel abgelesen werden. Auf diese Weise kann das im Gesichtsfelde des Okulars befindliche Fadenkreuz auf die verschiedenen Bezirke des Spektrums gerichtet und mit Hülfe der Theilung die Stellung des Beobachtungsrohres bestimmt werden. Das Fadenkreuz befindet sich in einem Okularschieber *o*, welcher ausserdem einen durch eine Schraube in seiner Weite verstellbaren Okularspalt trägt. Durch Hindurchschieben des Schiebers tritt der Spalt an die Stelle des Fadenkreuzes.

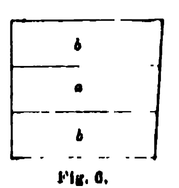


Fig. 6.

Lummer und Brodhun empfehlen nun bei ihrem Spektrophotometer, zur Beobachtung im Spektrum das Okular zu entfernen. Blickt man dann durch den Okularspalt unter Benutzung des Objektivs als Lupe auf das Prismenpaar *R*, so erscheint dessen Fläche in der Farbe derjenigen Stelle des Spektrums, auf welche das Beobachtungsrohr gerichtet ist.

Ich schlug einen etwas anderen Weg ein. Das Beobachtungsrohr muss zwei verschiedenen Aufgaben genügen. Man muss erstens mit demselben bei Beobachtung des Spektrums die in der Brennebene der Kollimatorobjektive angebrachten Spalte *A* scharf einstellen können. Zu diesem Zwecke muss sich das Fadenkreuz, also die Gesichtsfeldebene des Okulars in der Brennebene des Objektivs des Beobachtungsrohres befinden. Zweitens muss das Beobachtungsrohr auf die Hypotenusenfläche des Prismenpaares *R* einstellbar sein. Letzteres erreiche ich durch Einschaltung einer in einem kleinen Schieber befindlichen Linse *e* vor das Objektiv des Beobachtungsrohres. Dadurch wird die Gesammtbrennweite des Objektives und der Linse *e* eine so kurze, dass das Bild der Hypotenusenfläche des Prismenpaares *R* in der Gesichtsfeldebene des Okulars entsteht, also durch das Okular betrachtet werden kann.

Gebrauch des Apparates.

Zunächst wird die Lage einer Anzahl markanter Stellen des Spektrums festgestellt unter Benutzung des Sonnenlichtes, des Wasserstoffspektrums oder einer anderen genügenden Lichtquelle. Zu diesem Zwecke werden die Kollimatorrohre *C* vor die Oeffnungen in Höhe des Photometerschirmes *P* geschoben, das zerstreuende Prisma *Z* mittels des Knopfes *k* eingeschaltet, die Linse *e* ausgeschaltet und das Fadenkreuz in das Gesichtsfeld gebracht. Man entwirft sich über die Einstellung des Beobachtungsrohres auf verschiedene Stellen des Spektrums, etwa die Sonnenlinien, eine Tabelle und kann aus derselben auf bekannte Weise eine Wellenlängenkurve konstruiren, aus welcher man in Angaben der Theilung *t* und der Trommel *s* die Stellung entnehmen kann, welche das Beobachtungsrohr einnehmen muss, um in der Mitte des Gesichtsfeldes Licht von einer bestimmten Wellenlänge erscheinen zu lassen.

Die Aufstellung des Instrumentes auf der Photometerbank muss selbstverständlich so erfolgen, dass die Verbindungslinie der Mitten der beiden an den Endpunkten der Bank aufgestellten Lichtquellen senkrecht auf der Mitte des Photometerschirms *P* steht. In dieser Weise muss jeglicher Photometerkopf aufgestellt werden. Bei dem vorliegenden Apparat muss aber diese Aufstellung mit grosser Genauigkeit getroffen

werden, damit bei Benutzung des Instrumentes als Spektrophotometer die optischen Achsen der Kollimatorrohre genau parallel der Verschiebungsrichtung des Apparates auf der optischen Bank sind und sich die Mitten der Lichtquellen genau in diesen optischen Achsen befinden, sonst wird durch die schmalen Kollimatorspalte *C* kein Licht in das Gesichtsfeld des Beobachtungsfernrohres fallen.

Diese äusserst genaue Aufstellung, welche eine nicht wegzuleugnende Schwierigkeit bei Benutzung des Instrumentes darbietet, würde nicht erforderlich sein, wenn man vor die Spalte *A* matte Glasscheiben legen würde, wie Lummer und Brodhun angeben. Durch diese geht aber so viel Licht verloren, dass eine Messung im Spektrum nur dann ausführbar sein wird, wenn sehr helle Lichtquellen in Frage kommen.

Bei allen photometrischen Messungen wird die Linse *e* eingeschoben und der Okularspalt *o* benutzt. Während der Okularspalt eigentlich den Zweck hat, einen bestimmten Spektralbezirk abzugrenzen, ist seine Benutzung auch bei Messungen der Gesammtintensität von Vortheil, indem durch Vorschieben des Schiebers alles etwa vorhandene störende Nebenlicht abgeblendet wird.

Soll die Gesammtintensität zweier Lichtquellen mit einander verglichen werden, so werden durch Zurückschieben der Kollimatoren die seitlichen Oeffnungen in Höhe des Photometerschirmes *P* frei gemacht. Es erscheinen dann die Felder *a* und *b* (Fig. 6) des Prismenpaares *R* in dem Lichte der beiden Lichtquellen. Durch Hin- und Herschieben des ganzen Apparates wird Helligkeitsgleichheit von *a* und *b*, bezw. Verschwinden der Grenzlinie zwischen *a* und *b* hergestellt und die Stellung des Photometerschirmes mittels des Zeigers *g* an der Theilung der Bank abgelesen.

Zur Vergleichung im Spektrum werden die Kollimatorrohre in die Verbindungslinie der beiden Lichtquellen geschoben und das Beobachtungsfernrohr mittels der Schraube *s* auf denjenigen Bezirk des Spektrums gerichtet, in welchem die Messung vorgenommen werden soll. Dann erscheinen die Flächen *a* und *b* in der Farbe dieses Spektralbezirkes. Die Weite der Spalte *A* wird durch die Mikrometerschrauben *m* so bemessen, dass genügende Helligkeit im Gesichtsfelde vorhanden ist; dabei ist zu beachten, dass, je breiter die Spalte gemacht werden, um so unreiner das Spektrum und um so weniger homogen die Farbe im Okularspalt sein wird.

Es ergeben sich nun zwei Arten der Messung. Entweder macht man beide Spalte gleich weit und stellt Helligkeitsgleichheit der Felder *a* und *b* nur durch die Verschiebung des Instrumentes zwischen den beiden Lichtquellen her, oder man giebt den beiden Spalten verschiedene Breite und berücksichtigt dabei, dass nach der bekannten Vierordt'schen Methode die Helligkeit im Spektrum dann proportional der Spaltbreite ist. Man kann hierbei entweder allein durch Regulirung der Spaltbreite die Felder *a* und *b* auf gleiche Helligkeit bringen oder ausserdem noch eine Verschiebung des Instrumentes auf der Photometerbank vornehmen. Man kann auch diese und die erste Methode zur gegenseitigen Kontrole der Messungen benutzen. Im Allgemeinen ist es aber vorzuziehen, gleiche Spaltbreiten anzuwenden, da bei grosser Verschiedenheit in der Breite der beiden Spalte die Unreinheit der beiden Spektren eine verschiedene wird und die Felder *a* und *b* dann nicht mehr in der gleichen Farbe erscheinen.

Bei der Benutzung des Instrumentes als Spektrophotometer giebt nicht der Zeiger *g* die der Berechnung zu Grunde zu legenden Entfernungen der beiden Lichtquellen an, sondern es ist die Entfernung derselben von den Spalten *A* festzustellen. Dieses geschieht am einfachsten, indem ein für alle Mal die Entfernung der Spaltebenen von der Mittelebene des Photometerschirmes *A* bestimmt und diese Entfernung von der Angabe des Zeigers *g* in Abzug gebracht wird.

Ueber eine Neuerung an Normalwiderständen von niedrigem Betrage.

Von
Präzisionsmechaniker **Otto Wolff** in Berlin.

Die im Folgenden beschriebene Neuerung bezieht sich auf die aus Widerstandsblech hergestellten Modelle von Normalwiderständen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt[1]), die sich in wissenschaftlichen wie technischen Laboratorien jetzt allgemeinen Eingang verschafft haben.

Um die Vortheile, welche die Verwendung eines Materials ohne merklichen Temperaturkoëffizienten, wie Manganin, bei derartigen Widerständen bietet, voll auszunutzen, dürfen bekanntlich die kupfernen Stromzuführungen nicht einen Theil des Messwiderstandes bilden; zu diesem Zweck werden zwei besondere Zuleitungen vorgesehen, die bei dem Modell der Reichsanstalt unmittelbar an den Enden des Widerstandsbleches mit demjenigen Stück durch *Zinnlöthung* verbunden sind, in welche das Widerstandsblech *hart* eingelöthet ist. Ausserdem ist bei dem genannten Modell noch eine zweite Zinnlöthstelle vorhanden, dort nämlich, wo die Stromzuleitungen mit den das Widerstandsblech haltenden Kupferstücken verbunden sind.

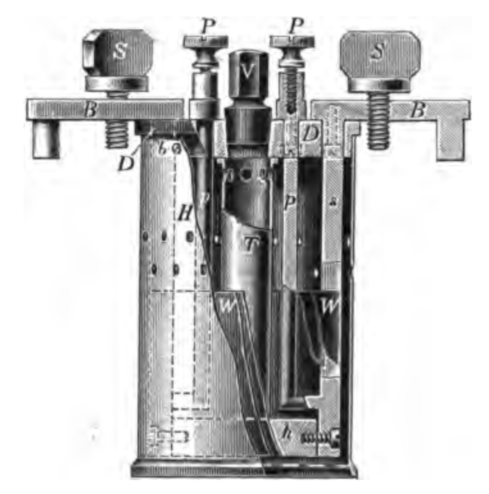


Fig. 1.

In *dieser Zeitschr. **16.** S. 22. 1896* hat Hr. Dr. Raps bereits eine von der Firma Siemens & Halske ausgeführte Modifikation beschrieben, bei welcher diese zweite Zinn-Löthstelle ganz vermieden wird. Jedoch kommt diese Ausführungsform hauptsächlich für Drahtwiderstände in Betracht; für Widerstände von 0,001 *Ohm* z. B. würde sie nicht mehr verwendbar sein.

Bei der von mir getroffenen Einrichtung (D.R.G.M. Nr. 82 345) fallen *beide Zinnlöthungen* weg, sodass nicht nur die Anfertigung der Widerstände einfacher ist, sondern auch eine grössere Gewähr für die Unveränderlichkeit des Widerstandswerthes geboten wird.

Fig. 1 stellt einen Widerstand von 0,0001 *Ohm* (kleines Modell) dar, bei dessen Konstruktion die Form zum Vorbild gedient hat, die von Hrn. Prof. Dr. Feussner in der *Elektrotechn. Zeitschr. **16.** S. 361. 1895* (Fig. 86 bis 88) beschrieben worden ist, jedoch mit dem Unterschied, dass kein Gusskörper aus Manganin, sondern Manganinblech zur Verwendung kommt. Die Zinn-Löthstellen sind nun dadurch vermieden, dass Bügel *B*, Stromzuleitung *s* und Abzweig- (Potential-) Leitung *p* aus *einem* Kupfergussstück bestehen, und zwar ist das Gussmodell derart gestaltet, dass der oberhalb des Deckels *D* zwischen dem Anschlussstück und der Anschlussklemme befindliche, 2 bis 3 *mm* breite Schlitz (vgl. Fig. 2) erst nachträglich eingebracht wird, sich also das Stück bequem giessen und bearbeiten lässt, ohne sich zu verbiegen. Zwei solche Gussstücke sind an dem in der Richtung *MN* (Fig. 2) *getheilten* Hartgummideckel *D* mittels je vier Schrauben befestigt, zwei für die Strombügel und zwei für die Abzweigklemmen.

[1]) K. Feussner, Die Konstruktion der elektrischen Normalwiderstände der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. *Diese Zeitschr. **10.** S. 425. 1890.*

In Nuthen, die an den unteren Enden von *s* eingefräst sind, werden die Widerstandsbleche *W* (hier 4 parallel geschaltete Bleche von etwa 1,5 *mm* Dicke und 65 *mm* Breite, von denen die beiden inneren etwa 80, die äusseren 90 *mm* lang sind) hart eingelöthet. Um die Wirkung der mechanischen Spannung in den Blechen *W* auf den Hartgummideckel aufzuheben, ist zwischen die unteren Enden von *s* ein Hartgummistück *h* von rechteckigem Querschnitt durch Schrauben befestigt. Der Widerstand ist so eingerichtet, dass er mittels der an die Bügel *B* angegossenen Zapfen in Quecksilbernäpfe, durch welche der Strom zugeführt wird, eingehängt werden kann; indessen können auch die stromführenden Kabel direkt mittels der Flügelschrauben *S* befestigt werden. Die Potentialklemmen dienen in bekannter Weise zum Anlegen des Spannungsmessers (Präzisionsvoltmeters, Kompensators u. s. w.).

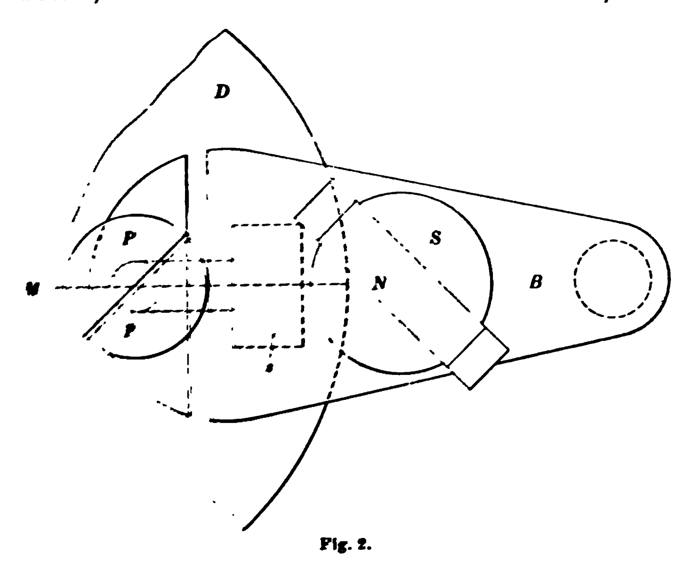


Fig. 2.

In Fig. 1 ist noch das Thermometerrohr *T* sichtbar, das durch den Hartgummistopfen *V* verschlossen werden kann, ferner die vielfach perforirte Hülle *H*, die mit Schnittschrauben *b* am Deckel befestigt ist.

Abzweigwiderstände von 0,01 und 0,001 *Ohm* (kleines Modell) unterscheiden sich von dem beschriebenen nur durch die Dimensionen der Widerstandsbleche; natürlich ist die Anordnung der Zuleitungen auch bei Abzweigwiderständen für hohe Stromstärken (grosses Modell der Reichsanstalt) verwendbar.

Referate.

Ueber eine Anreihevorrichtung für genauere Messungen mit dem Stahlbande.

Von G. v. Niessl. *Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Vereins* **49.** *Nr.* 7. *1897.*

Diese nach Angaben des städtischen Obergeometers Steiner in Brünn konstruirte Vorrichtung ersetzt die Markirnägel und ähnliches durch eine Schneide. An jedem Bandende befindet sich eine 40 *cm* lange, 14 *cm* breite, etwa 7 *kg* schwere und mit starken Fussspitzen versehene Eisenplatte, auf der eine vierkantige Führungsstange mit verschiebbarem und feststellbarem Reiter befestigt ist. In der Eisenplatte befindet sich ein Spalt, um sie genau über einen gegebenen Punkt bringen zu können; die über dem Spalt befindliche Seite des Reiters trägt die Schneide, die in eine Nuth des Messbands (Endstrich der Bandlänge) passt. Jedes Endstück ist mit dem Band vernietet und mit Handhabe versehen. Man misst selbstverständlich am besten schiefe Längen mit nachträglicher rechnerischer Reduktion auf den Horizont, doch kann auch Staffelmessung ausgeführt werden. Die Messungen in Brünn haben nun in der That ganz überraschend geringe Fehler ergeben: aus 385 (je unmittelbar auf einander folgende) Doppelmessungen derselben Strecken ergab sich die dem reinen *Messungs*-Fehler entsprechende mittlere Differenz je zweier Messungen derselben Strecke bei 100 *m* Länge zu rund 2 *mm*, bei 300 *m* Länge zu rund 3 *mm*, bei 400 bis

500 m Länge zu rund 4 mm; der Verf. leitet aus diesen 385 Strecken als m. F. einer Messung den Betrag $m = \pm (0{,}14 \sqrt{l})$ mm ab (l in Meter), ein Resultat, wie es selbst mit Messlatten längs einer Schnur unter günstigen Umständen nicht leicht zu erreichen ist. Der Verf. glaubt denn auch, dass bei diesen unmittelbar sich folgenden Doppelmessungen das Resultat der ersten Messung die Ablesung für die zweite beeinflusst habe, und hält die Ergebnisse einer zweiten Reihe von Doppelmessungen, die in grossen zeitlichen Abständen, bei verschiedenen Temperaturen und meist von verschiedenen Arbeitern ausgeführt worden sind, für objektiver. Aus ihnen ergiebt sich $m = \pm (0{,}27 \sqrt{l})$ mm; wenn demnach auch der m. F. doppelt so gross ausfällt als oben, so kommt dieses Resultat doch dem höchst sorgfältiger Lattenmessungen ohne weiteres gleich. Abermals ein Beweis dafür, dass die in Beziehung auf Genauigkeit vorhandene Ueberlegenheit der gewöhnlichen Lattenmessung über die gewöhnliche Bandmessung ihren Hauptgrund in der bei dieser vorhandenen Ungenauigkeit des Aneinanderfügens der Bandlagen hat. *Hammer.*

Ueber neue Nadirspiegel und künstliche Horizonte.

Astron. Nachrichten **142.** *Nr. 23. 1897 (Nr. 3407).*

Seiner sehr bemerkenswerthen Zenithspiegel-Einrichtung, die er in *Astron. Nachr. Nr. 3394* beschrieb, lässt der Verf. hier eine Notiz über einen Nadirhorizont folgen, der ebenfalls den schwimmenden Planspiegel als reflektirende Horizontalfläche benutzt und sich also in die Mitte zwischen feste (Glas-) Horizonte und Flüssigkeitshorizonte stellt. Am Meridiankreis soll der Zenith- und der Nadirspiegel gemeinschaftlich für die Instrumentenfehlerbestimmung verwendet werden. Wichtig scheint mir die Einrichtung in der That auch, wie der Verf. hervorhebt, für die zur Höhenwinkelmessung mit Reflexionsinstrumenten nothwendigen künstlichen Horizonte zu sein. Die Spiegelfläche bildet, wie auch bei den festen Glashorizonten, bei Sonnenbeobachtungen die Oberfläche einer genau eben geschliffenen und polirten dunklen Glasplatte; für die Beobachtungen mit stärkerer Vergrösserung an fest aufgestellten Instrumenten wird die Spiegelfläche mit einer dünnen Silberschicht überzogen. Selbstverständlich ist inmitten der Beobachtungen die Spiegelplatte auf dem Quecksilber um 180° zu drehen. Als Material des Gefässes zur Aufnahme des Quecksilbers wäre vielleicht festes Steinzeug oder Porzellan (statt Glas, das der Verf. künftig wählen will) zu empfehlen. Der ausgeführte Nadirspiegel ist von Max Wolz in Bonn hergestellt worden. *Hammer.*

Doppelprisma zum Abstecken von Winkeln von 45 und 90 Grad.

Von R. Dörgens. *Centralbl. d. Bauverwaltung 1897. Nr. 26.*

Der Verf. benutzt zwei sogenannte 45°-Prismen (Winkel 45°, 22½° und 112½°); er setzt sie so zusammen, dass sie nicht mehr, wie in seinem frühern Instrument, übereinander liegen (wie auch die Prismen des Bauernfeind'schen Prismas), sondern nebeneinander. Man kann, da sie um die Kanten der Winkel 45° in einer Achse beliebig gegen einander verdrehbar sind, zwei Lagen herstellen: in der einen bilden sie ein vierseitiges Prisma mit den Winkeln 90°, 112½°, 112½°, 45° (das, wie der Verf. nebenbei bemerkt, nicht nach Prandtl benannt werden sollte, der es nur zum zweiten Mal erfand (*Zeitschr. f. Vermess.* **19.** *S. 462. 1890*; Jordan, *Handb. d. Vermessungskunde, II. Bd. (1. Lief.) S. 35. 1897*), während es von Gautier schon vor 30 Jahren verwendet worden ist), in der zweiten ein vierseitiges Prisma mit den Winkeln 90°, 22½°, 22½° und 135°. Der Verf. betont mit Recht als Vortheil der jetzigen Form, dass es bei der Absteckung vortheilhafter ist, das Bild des einen Stabs mit dem direkt gesehenen zweiten Stab zu vergleichen, als (wie bei der zweiten Form) die zwei Bilder der beiden Stäbe zur Deckung bringen zu müssen; gegen das gewöhnliche einfache Winkelprisma mit Winkeln von 45°, 45°, 90° hat man den Vortheil, dass (bei Winkeln von 90°) keine beweglichen Bilder störend auftreten und dass das Gesichtsfeld grösser ist, sodann, dass man auch Winkel von 45° abstecken kann. Meissner (Reinecke) hat zu diesem Doppelprisma, das er in sehr kleinen Dimensionen ausführt, um bequemsten Transport zu ermöglichen, eine sehr zweckmässige Fassung hergestellt. Der Preis des Instruments ist 20 M. *Hammer.*

Winkelprismen von Hensoldt für 90°, 180° und 45°.

Der Ref. hat kürzlich für die geodätische Sammlung der Technischen Hochschule Stuttgart einige Winkelprismen zur Absteckung der konstanten Winkel 90°, 180° und 45° von M. Hensoldt in Wetzlar bezogen, die er hier anzeigen möchte, da zwei davon neu oder doch wenig bekannt sind. Das Prisma zur Absteckung des rechten Winkels ist das bekannte vierseitige sogenannte Prandtl'sche, für das die neue Bezugsquelle neben Zeiss und Reinfelder & Hertel empfohlen sei. Die Winkel sind 90°, 112½° und 112½° (und 45°); die scharfe Kante des Winkels 45° ist symmetrisch abgeschnitten, sodass das Prisma fünfseitig wird, was aber ganz unwesentlich ist. Hensoldt nennt es Pentagon. Zur Absteckung des Winkels 180° setzt nun Hensoldt zwei solcher Pentagone so übereinander, dass die einen Kathetenflächen der rechten Winkel an beiden ungefähr zusammenfallen. Der Vortheil dieses Pentagonprismenkreuzes, wie man nun also den Apparat nennen kann, gegen das gewöhnliche (Bauernfeind'sche) Prismenkreuz mit gleichschenklig-rechtwinkligen Glasprismen ist der, dass eine Korrektionsvorrichtung entbehrlich wird, indem es nicht darauf ankommt, dass die zwei Flächen etwa genau zusammenfallen; es muss nur jedes Prisma für sich genau den Winkel 90° geben. Die Fassung der beiden Prismen übereinander geschieht zwischen zwei runden Platten von etwa 45 *mm* Durchmesser. Das Prisma zur Absteckung des Winkels 45° entsteht durch Medianschnitt des vierseitigen, sogenannten Prandtl'schen Prismas; es ist also ein dreiseitiges Prisma mit den Winkeln 45°, 112½° und 22½°.

Hammer.

Der Gnomon der Pariser Sternwarte und die alten Toisen. Wiederherstellung der Toise von Picard.

Von C. Wolf. *Compt. rend.* **125.** *S. 199. 1897.*

Die Toisen von Picard (Basis von Villejuif zur Pariser Gradmessung) und Cassini (*Méridienne de France*) galten für völlig verloren und nicht mehr vergleichbar. Der sogenannte Fehler von Picard (Abweichung zwischen seiner Messung und der von Cassini de Thury und Lacaille) konnte schon vor 1½ Jahrhunderten nur dadurch bestimmt werden — die Endpunkte der Basis von Villejuif waren verloren — dass eine Dreieckseitenlänge, die Cassini auf Grund einer neuen Basismessung ermittelte, verglichen wurde. Er wählte dazu die Entfernung der Thürme Brie-Comte-Robert und Montlhéry; sie war nach Picard 13121,5 Toisen, nach Bouguer und Cassini's Resultat 13108,32 Toisen, nach Cassini und Lacaille 13108 Toisen; dabei wurde von Cassini die *„Toise du Nord“* zu Grund gelegt. Danach wäre

Picard's Toise = *Toise du Nord* (1—0,001015).

Aber diese indirekte Vergleichung von 1756 war selbstverständlich entfernt nicht befriedigend. Picard selbst spricht zwar in der *„Mesure de la Terre“* von einer Aufbewahrung seiner Pariser Toise und der aus der Länge des Sekundenpendels abgeleiteten auf der Pariser Sternwarte; aber es war darüber gar nichts bekannt. 1682 sollte ein grosser Gnomon im Observatorium eingerichtet werden, den aber nach der bis jetzt gewöhnlichen Annahme nicht Picard, sondern erst 1729 Jacques Cassini herstellte. Er gab dabei die Höhe (in Linien umgerechnet) zu 4400 Par. Linien an, während bei Picard die Zahl 4405 Linien sich findet. Eine handschriftliche Notiz von Jean Dominique Cassini aus 1682, die Wolf entdeckt hat, giebt nun die gemessene Höhe allerdings zu 30 Fuss 7 Zoll 1 Linie = 4405 Linien (der Toise von Picard also) an, gleich der 10-fachen Länge des Sekundenpendels, und zugleich eine noch heute feststellbare Entfernung gleich 97 Fuss 7 Zoll 4 Linien Die angegebene Differenz von 5 Linien auf 4400 entpricht $^1/_{880}$ und es wäre

1 Toise von Picard = 1 Toise von Cassini (1—0,001136);

nach einer späteren Messung jener Entfernung ebenso

1 Toise von Picard = 1 Toise von Cassini (1—0,001139).

Jacques Cassini nahm als Einheit das Zehntel der Höhe des Gnomons, also, ohne es zu wissen, die Länge des Picard'schen Sekundenpendels; er liess 31 Kupferstäbe (von Langlois) herstellen und genau so abgleichen, dass sie aneinandergelegt der Höhe des Gnomons gleichkamen. Diese 31 Stäbe, in Marmorbettung eingelassen, wurden längs der Nordsüdlinie durch den Fusspunkt des Gnomons scharf Ende an Ende zusammengelegt; und sie haben sich nun bis heute erhalten und geben das Mittel zur genügend scharfen Wiederherstellung der Toise von Picard. Die Höhe des Gnomons kann durch die Reparaturen der Kuppel 1786—1793 verändert sein, auch die oben angeführte horizontale Strecke kann sich verändert haben und hat sich sogar nachweisbar verändert; aber die Länge der Kupferstäbe ist sicher genügend unverändert und wir besitzen noch heute 31 authentische Exemplare des Länge des Sekundenpendels von Picard, deren jedes 440,5 Linien *seiner* Toise (und 440,0 Linien der Toise von Cassini) vorstellt! Für die Länge der ganzen Strecke der 31 Stäbe fand Wolf 30,777 *m* oder 13643 Linien der Toise von Peru. Die Messung von J. Cassini ergab ihrer Zeit 13640 Linien dieser Toise, also genügende Uebereinstimmung. Nach diesen Maassstäben auf der Nordsüdlinie im Observatorium war demnach die Länge des Sekundenpendes von Picard 0,9927 *m*. — Sicher ist durch die Entdeckung von Wolf jedenfalls, dass die Toise von Picard um fast eine Linie ($^1/_{900}$ rund) kürzer war als die Haupt-Toisen des vorigen Jahrhunderts; begreiflich genug: alle jene alten Toisen sind ursprünglich nach dem Etalon in der Treppe des alten Châtelet abgeglichen, das aus zwei eisernen Endmarken bestand, zwischen die die Toise gerade eingepasst werden musste; Picard hat nun seine Toise bald nach der Herstellung des Etalons (aus dem Jahre 1668 stammend) hergestellt, die Cassini'schen Toisen sind aber 60 Jahre später auf „dasselbe“ Maass abgeglichen worden, wobei ganz wohl die Entfernung der Marken durch starke Abnutzung beträchtich vergrössert gewesen sein kann. *Hammer.*

Ueber eine mögliche Gewichtsänderung bei chemischen Reaktionen.

Von Fernando Sanford und Lillian E. Ray. *Phys. Rev.* **5.** *S. 247. 1897.*

In der *Zeitschr. f. physikal. Chemie* **12.** *S. 1. 1893* berichtete Landolt über eine Reihe von Untersuchungen über etwaige Aenderungen des Gesammtgewichts chemisch sich umsetzender Körper und gelangt dabei trotz einiger beobachteten systematischen Gewichtsänderungen bis zum Betrage von mehr als 0,1 *mg* zu dem Schlusse, dass bei keiner der angewandten Reaktionen sich eine Gewichtsänderung mit Bestimmtheit hat konstatiren lassen. Diese letzte Folgerung, die das Vorhandensein einseitig wirkender Fehlerquellen als möglich zugiebt, ist wohl dadurch veranlasst worden, dass um die Zeit der Landolt'schen Beobachtungen auch D. Kreichgauer (*Verhandl. d. Phys. Gesellsch. in Berlin* **10.** *S. 13. 1891*) ähnliche Versuche mit der höchsten erreichbaren Genauigkeit anstellte. Die grösste bei seinen Wägungen sich ergebende Gewichtsänderung ist von der Grössenordnung von 0,01 *mg*, fällt aber schon innerhalb der bei solchen Wägungen von vornherein zu erwartenden Fehlergrenze.

Damit schien die Frage nach einer möglichen Gewichtsänderung bei chemischen Reaktionen definitiv in verneinendem Sinne beantwortet. Trotzdem sind die obengenannten Verfasser in der vorliegenden Arbeit noch einmal auf die Sache zurückgekommen und das wohl hauptsächlich deswegen, weil sie die Versuche Kreichgauer's, auf welche sie bei der Lektüre der Landolt'schen Publikation aufmerksam werden mussten, völlig ignorirten. Ihre ganzen Versuche beschränken sich auf die Benutzung einer einzigen Reaktion, und zwar die Abscheidung des Silbers aus einer ammoniakalischen Lösung des Oxyds mittels Traubenzuckers, entsprechend der Formel $Ag_2O + C_6H_{12}O_6 = Ag_2 + C_6H_{12}O_7$; im Uebrigen benutzten sie durchaus die von Landolt angegebene Methode.

Die Ausführung der Wägungen ist eine recht umständliche, da die Verfasser bei Gauss'schen Wägungen die Bestimmung des Nullpunktes der unbelasteten Waage, welcher doch im Resultat herausfällt, nicht glaubten entbehren zu können. Weit wichtiger wäre es gewesen, die Wägungen nur mit belasteter Waage symmetrisch zur Mitte anzuordnen, wie es auch Kreichgauer gethan hat. Man muss eben, um kleinste Grössen noch

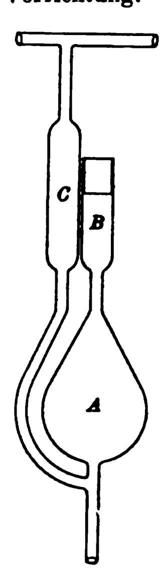
sicher zu bestimmen, seine Versuche in anderer Weise anordnen, als etwa bei chemischen Wägungen, die die äusserste Genauigkeit nicht verlangen. Auf alle Fälle ist es aber misslich, aus Wägungen, die untereinander Differenzen bis zu 0,5 *mg* zeigen, noch eine Gewichtsdifferenz von weniger als 0,2 *mg* — soviel beträgt die von Landolt beobachtete Grösse nach Umrechnung auf die von den Verfassern benutzten Mengenverhältnisse — ableiten zu wollen.

Die Verfasser haben aus den gefundenen Gewichtsänderungen durch die Reaktion bis 0,08 *mg* ein positives Resultat nicht abgeleitet. Aber auch eine weit höhere Zahl würde bei der Ungenauigkeit der Wägungen zu einem Schlusse irgend welcher Art nicht berechtigt haben. *Schl.*

Die Messung kleiner Gasdrucke.

Von C. F. Brush. *Phil. Mag.* (5) ***42.*** *S. 415. 1897.*

Der beschriebene Apparat zur Messung kleinster Drucke, dessen hauptsächliche Theile in nebenstehender Figur dargestellt sind, ist eine Verbesserung der McLeod'schen Vorrichtung. Ueber der nach oben konisch gestalteten Quecksilberkugel *A* erhebt sich eine gut zylindrische Messröhre *B* von grossem Durchmesser, welche durch einen eingeschliffenen Glasstopfen abgeschlossen ist. Vor seinem definitiven Einsetzen ist dieser Glasstopfen an seinem unteren Ende schwach konvex geschliffen, sodass man die Höhe der Quecksilberkuppe bis unmittelbar unter den Stopfen messend verfolgen kann. Nach dem definitiven Einsetzen des Stopfens ist dann sein oberes Ende mit der Röhre *B* verschmolzen. Die Vergleichsröhre *C*, welche in ihrer Fortsetzung zu dem zu evakuirenden Raume führt, ist mit *B* aus demselben gut zylindrischen Rohre geschnitten, sodass kapillare Unterschiede zwischen *B* und *C* nicht vorhanden sind, die gerade genaue Messungen bei der McLeod'schen Vorrichtung unmöglich machen. Die Höhendifferenz zwischen den Kuppen in *B* und *C* wird mittels eines Kathetometers bis auf 0,001 *mm* bestimmt und daraus bei bekannten Volumen der Druck in dem evakuirten Raume gemessen. Der Verfasser benutzte seinen Apparat, um die Menge des vom Glase im Vakuum abgegebenen Gases zu bestimmen. Er theilt drei Messungsreihen mit. Wurden alle Einzelbeobachtungen gemittelt, so war das Messungsresultat mit einem wahrscheinlichen Fehler von ± 0,000000000092 Atmosphären behaftet; betrachtete er die Mittelwerthe der drei Reihen als direkte Beobachtungen, so betrug der wahrscheinliche Fehler nur ± 0,000000000011 Atmosphären. *Schl.*



Ueber die Bedingungen zur Erreichung einer grössten Genauigkeit bei Bestimmung der spezifischen Wärme nach der Mischungsmethode.

Von F. L. O. Wadsworth. *Amer. Journ. of Science* ***6.*** ***S.*** *265. 1897.*

Auf Grund theoretischer Untersuchungen stellt der Verfasser folgende Bedingungen auf:

1. Das Kalorimeter darf nur eine geringe Wassermenge enthalten, d. h. es muss klein sein.
2. Das zu untersuchende Metall muss grosse Masse und bei gegebenem Gewicht eine grösste Oberfläche besitzen.
3. Die Anfangstemperatur muss möglichst hoch sein.
4. Das Kalorimeter muss von einem Wasserbade umgeben sein, dessen Temperatur höher ist als die Anfangstemperatur des Kalorimeters. Die zweckmässigste Temperatur lässt sich auf Grund gewisser Formeln nach Vorversuchen berechnen.

Der Verfasser beschreibt dann ein Kalorimeter, welches er mit Erfolg benutzte. Das Metall befindet sich im Erhitzungsapparat auf einem kleinen Wagen und wird mit diesem auf die gleiche Temperatur gebracht. Der Wagen gleitet mit seiner Last zu einer gewollten Zeit auf einer schiefen Ebene abwärts und wirft das Metallstück erst nahe der Oberfläche des Kalorimeters ab, sodass Spritzen der Flüssigkeit möglichst vermieden wird. Ein geeignet

gewähltes Gegengewicht zieht den nunmehr entlasteten Wagen automatisch vom Kalorimeter weg in seine Anfangslage zurück. Die Anwendung eines Wagens bedingt einen nur geringen Wärmeverlust des zu untersuchenden Körpers, auch bietet derselbe den weiteren Vortheil, Materialien in kleinen Stücken oder gar in Pulverform ohne Benutzung besonderer Hülfsgefässe in das Kalorimeter befördern und untersuchen zu können. *Schl.*

Ein einfaches Sphärometer.

Von G. J. Burch. *Phil. Mag.* (5) ***43.*** *S. 256. 1897.*

Zur Bestimmung der Krümmungshalbmesser von Konvexlinsen lässt sich, falls es sich nicht um grosse Genauigkeit handelt, folgende einfache Vorrichtung bequem verwenden. Zwei plane, rechteckige Glasscheiben werden nebeneinander mit dem einen Ende auf einer Unterlage von Glas so aufgekittet, dass sie schwach gegeneinander geneigt sind; man legt zu diesem Zweck einen dünnen Glasstreifen unter einen Rand jeder Platte. Das Ganze bildet also eine Art von Glasdach an einem Stiel. Legt man dies Dach auf eine Konvexlinse, während das Ende des Stiels auf einem in gleicher Höhe befindlichen Stützpunkte, etwa der Spitze einer Schraube, ruht, so berühren die beiden Glasplatten die Linsenoberfläche in zwei Punkten, deren Abstand vom Krümmungsradius der Linse und von der Neigung der Platten gegeneinander abhängt. Diese Berührungspunkte sind aber leicht zu ermitteln: Bei der Beleuchtung mit Natriumlicht treten nämlich um die Berührungspunkte als Mittelpunkte die bekannten Newton'schen Ringe auf, deren Durchmesser und somit auch deren Mittelpunkt mit Hülfe eines Mikrometermikroskops recht genau bestimmt werden können. Ebenso lässt sich mittels des Mikrometermikroskops leicht der Abstand l der beiden Berührungspunkte finden, wobei allerdings noch die in Folge der Brechung nothwendige kleine Korrektion zu berücksichtigen ist. Bezeichnet ϑ den Winkel zwischen den Normalen der beiden Glasplatten, den eine einfache Messung am Goniometer liefert, so erhält man für den gesuchten Krümmungshalbmesser der Linse

$$\varrho = \frac{l}{2 \, . \sin \frac{\vartheta}{2}} \, .$$

Glch.

Die Grenzen für die Leistungsfähigkeit der zur Bestimmung kleiner Drehungen dienenden Methoden und eine einfache Methode zur Verdoppelung der Genauigkeit der Skalenablesung.

Von F. L. O. Wadsworth. *Phil. Mag.* (5) ***44.*** *S. 83. 1897.*

Zur Messung kleiner Drehungen bedient man sich bekanntlich entweder eines über einer Skale schwingenden Zeigers, der mit dem Mikroskop beobachtet wird, oder der Poggendorff'schen Spiegelablesung; die Leistungsfähigkeit beider Methoden wächst mit der Länge des Zeigers bezw. der Oeffnung des reflektirenden Spiegels. Auf Grund theoretischer Erwägungen fand Lord Rayleigh, dass beide Methoden gleichwerthig seien, wenn die Länge des Zeigers gleich dem Durchmesser des Spiegels ist. Da man nun ohne wesentliche Vergrösserung des Gewichts bezw. des Trägheitsmomentes dem Zeiger etwa die zehnfache Länge des Spiegeldurchmessers geben könnte, so würde hieraus eine ganz bedeutende Ueberlegenheit der mikroskopischen Methode über die Spiegelablesung folgen, die mit der grossen Verbreitung der letzteren nicht recht in Einklang zu bringen ist. Der Verf. weist nun im ersten Theil seiner Abhandlung nach, dass die von Lord Rayleigh gezogenen Schlüsse insofern nicht vollständig zutreffen, als sie namentlich für die Mikroskopmethode Verhältnisse voraussetzen, die sich in der Praxis nicht realisiren lassen; hierher gehört z. B. eine ungemein intensive Beleuchtung der Skale, eine Oeffnung des Mikroskops von 180° u. s. w. Nach des Verf. Ausführungen werden beide Methoden erst gleichwerthig, wenn die Zeigerlänge mindestens das 2- bis 3-fache des Spiegeldurchmessers beträgt; andererseits aber rechtfertigt die grosse Bequemlichkeit der Spiegelablesung deren weite Verbreitung vollkommen.

Sodann wird die von **Michelson** (*Phil. Mag.* **30.** *S. 1; Nature 1893*) angegebene Interferenzmethode zur Bestimmung sehr kleiner Drehungen besprochen. Diese könnte theoretisch das 20- bis 50-fache der beiden oben angegebenen Methoden leisten; thatsächlich wird aber eine solche Genauigkeit bei der praktischen Anwendung illusorisch durch die Unmöglichkeit einer stabilen Aufhängung des Spiegels, wodurch die Einstellung auf die Interferenzfransen sehr stark leidet; immerhin glaubt der Verf., dass man mit der Michelson'schen Methode auch unter ungünstigen Verhältnissen die dreifache Genauigkeit der Spiegelablesung erreichen könne.

Zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Spiegelablesung giebt nun Wadsworth ein sehr einfaches Mittel an. Man stellt nämlich neben dem beweglichen Spiegel M noch einen festen M_1 derart auf, dass die von der beleuchteten Skale kommenden Strahlen nach der Reflexion am beweglichen Spiegel auf den festen Spiegel auftreffen und von dort denselben Weg wieder zurück durchlaufen; hierdurch wird der Effekt der Spiegelablesung einfach verdoppelt, denn

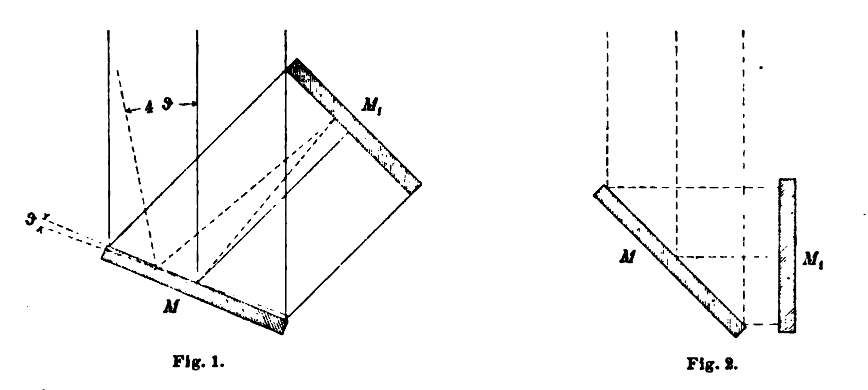


Fig. 1. Fig. 2.

hat sich der bewegliche Spiegel um einen Winkel ϑ gedreht, so bildet die Richtung der einfallenden Strahlen mit derjenigen der austretenden den Winkel 4ϑ. Selbstverständlich muss dafür gesorgt werden, dass hierbei von der Oeffnung des beweglichen Spiegels möglichst wenig verloren geht; zu diesem Zwecke sollen beide Spiegel 1. nahe an einander stehen und 2. einander möglichst parallel sein, zwei Bedingungen, die sich offenbar widersprechen. Man hat also, je nach den Versuchsbedingungen, einen Mittelweg zu wählen. Sollen nur einseitige Ausschläge gemessen werden, so empfiehlt sich die Anordnung nach Fig. 1, bei welcher ungefähr 8% der Spiegelöffnung verloren gehen; sind dagegen die Ausschläge nach beiden Seiten hin zu beobachten, so wählt man die Aufstellung nach Fig. 2; hier beträgt allerdings der Verlust an Spiegelöffnung etwa 25% und in Folge dessen wird auch das Auflösungsvermögen etwas verringert. Besonders für selbstregistrirende Instrumente dürfte die vorgeschlagene Verbesserung von wesentlichem Nutzen sein, da sie gestattet, die gleichen Ausschläge bei geringerer Entfernung zwischen Spiegel und photographischem Papier zu erzielen.

Glch.

Ueber ein neues photographisches Photometrirverfahren und seine Anwendung auf die Photometrie des ultravioletten Spektralgebietes.

Von H. Th. Simon. Habilitationsschrift, Leipzig, J. A. Barth 1896.

Dass beim Photometriren im ultravioletten, sowie auch in den benachbarten Theilen des sichtbaren Spektrums die Photographie gute Dienste leisten kann, leuchtet ohne Weiteres ein. Der Verf. hat für diesen Zweck ein Verfahren ausgebildet, dessen Prinzip im Wesentlichen darin besteht, dass die einzelnen Phasen des Einstellungsvorganges auf gleiche Helligkeit zweier Lichtquellen räumlich getrennt auf einer Platte nebeneinander photographirt werden. In nebenstehender[1]) Fig. 1 ist diese photographische Messvorrichtung abgebildet.

[1]) der *Elektrotechn. Zeitschr.* **17.** *S. 695. 1896* entnommen.

Das Fernrohr F des Spektralapparates A, dessen Linsen und Prismen bei Messungen im Ultraviolett aus Quarz und Flussspath bestehen müssen, trägt statt des Okulars eine photographische Einrichtung. In der horizontalen Führung m kann die eingeschliffene Kasette D, welche die photographische Platte enthält, mittels einer Mikrometerschraube leicht gleitend hin und her bewegt werden; durch

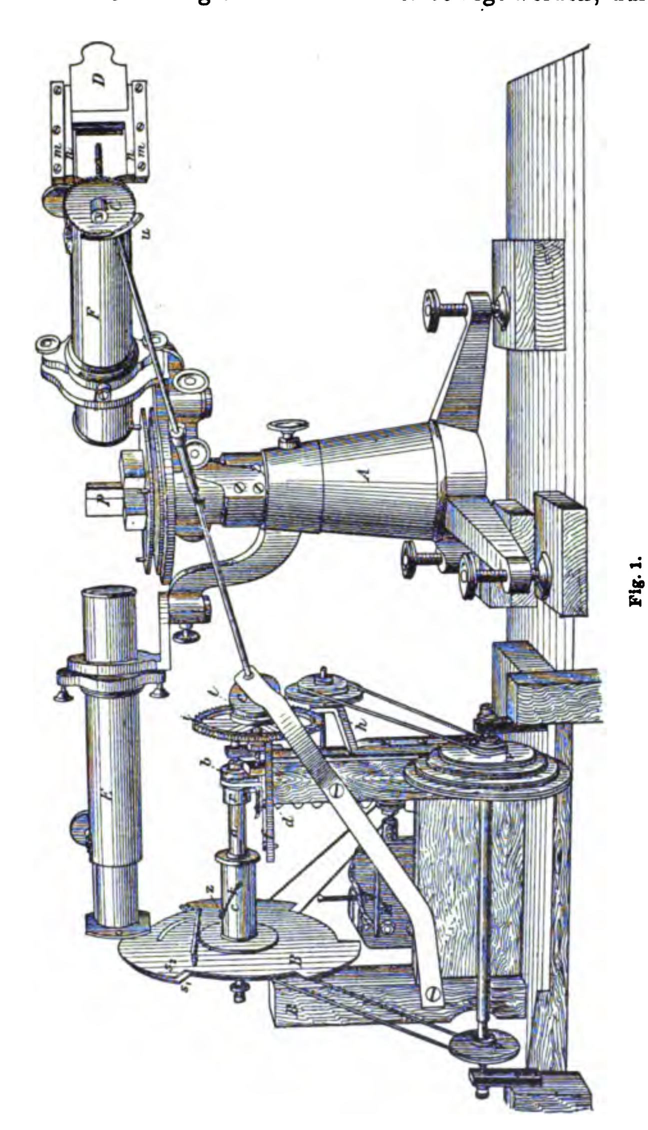


Fig. 1.

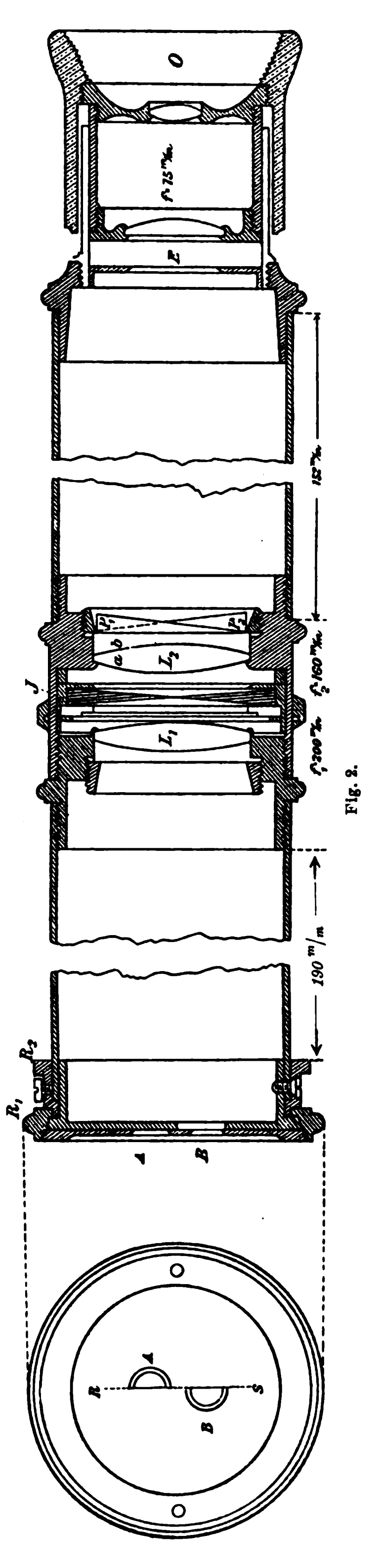


Fig. 2.

den symmetrisch verstellbaren Spalt, der vor der Platte angebracht ist, wird aus dem Spektrum ein bestimmter Bereich herausgeschnitten. Die gewünschte Wellenlänge kann durch Drehen des Fernrohrs um die Hauptachse des Apparates eingestellt werden. Auf der photographischen Platte entstehen also während des Vorbeiziehens derselben vor dem Spalt eine Reihe nebeneinander liegender Spaltbilder, deren Schwärzung von der Stärke der Belichtung und der Geschwindigkeit des Vorbeiziehens abhängt. Die eigentliche photometrische Vorrichtung besteht aus einer rotirenden Scheibe B

mit sektorförmigen Ausschnitten, deren Gesammtbreite zwischen 0° und 180° stetig, auch während der Rotation verändert werden kann. (Ein ganz ähnlicher rotirender Sektor, der schon seit einer Reihe von Jahren in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Gebrauch ist, wurde in *dieser Zeitschr.* ***16.*** *S. 299. 1896* beschrieben, sodass hier von einer näheren Erläuterung dieser Vorrichtung abgesehen werden kann.) Dieser Sektor dient zum Abschwächen der einen Lichtquelle, während die andere konstant bleibt; der durch den Sektor hindurchgehende Bruchtheil des Lichtes ist gleich dem Winkelverhältniss der ausgeschnittenen Sektoren zum ganzen Umfang. Die Scheibe B bedeckt nur die untere Spalthälfte des Fernrohrs E, durch die obere Hälfte fallen die Strahlen der Vergleichslichtquelle. Die zum Verstellen der Sektorbreite dienende Schraube ist mit der Platte D vermittels der konischen Räder C gekuppelt, sodass, während die Platte D sich vor dem Spalt verschiebt, gleichzeitig die Sektorbreite kontinuirlich geändert wird. Es entstehen also auf der photographischen Platte zwei nebeneinander liegende Streifen, von denen der eine eine gleichmässige Schwärzung, entsprechend der konstanten Lichtquelle, zeigt, während beim anderen die Schwärzung von einem zum anderen Ende hin abnimmt. An der Stelle gleicher Schwärzung auf der Platte sind auch die Lichtquellen einander gleich. Es kommt nun noch darauf an, die gleich geschwärzten Stellen der Platte zu ermitteln und die ihr entsprechende Breite des Sektorausschnitts zu berechnen, um daraus das Verhältniss der beiden Lichtstärken abzuleiten. Zur möglichst genauen Bestimmung der Stellen gleicher Schwärzung auf der Platte dient ein besonderer, von Zeiss in Jena konstruirter Helligkeitskomparator (Fig. 2). Dieser Apparat greift mittels der Blenden A und B aus den Streifen zwei Stellen heraus und entwirft von denselben mittels der Linsen L_1 L_2 und zweier Prismen P_1 P_2 in der Bildebene des Apparats zwei aneinanderstossende Bilder, die man dann bequem vergleichen kann; die Mittellinie der verstellbaren Blenden A und B muss mit der Trennungslinie der beiden Streifen zusammenfallen. Nach Angabe des Verf. wurde bei den Messungen von Lichtintensitäten nach der angegebenen Methode eine Genauigkeit von $^1/_{200}$ erzielt. Er bestimmte mit Hülfe seines Apparates das Absorptionsspektrum einer Kaliumnitratlösung im Ultravioletten von $\lambda = 330$ bis $\lambda = 240\,\mu\mu$. Als besonderen Vorzug seiner Methode hebt Verf. noch hervor, dass die photographische Platte ein von subjektiven Fehlern freies Dokument bilde und sich mittels des Helligkeitskomparators jederzeit und von jedermann kontroliren lasse, und dass seine Methode gestatte, mit sehr schmaler Okularblende, d. h. mit sehr homogenem Licht zu arbeiten. Sie ist daher auch noch in der Nähe von sehr schmalen Absorptions-Banden und -Linien anwendbar, bei denen sich die Intensität rasch mit der Wellenlänge ändert.

W. J.

Die neue photographische Korrektionslinse des Emerson Mc Millin-Observatoriums.

Von H. C. Lord. *Astrophys. Journ.* ***6.*** *S. 87. 1897.*

Für spektrographische Arbeiten des Astronomen war von J. E. Keeler (*diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 60. 1896*) empfohlen worden, das chromatisch für den helleren Theil des Spektrums korrigirte Objektiv des gewöhnlichen Refraktors durch Einschaltung einer passenden Linse vor der Vereinigung der Strahlen im Brennpunkt für die photographisch wirksamen Strahlen umzukorrigiren, ohne jedoch dabei die Brennweite zu ändern. Eine solche Linse ist für den $12^1/_2$-Zöller (318 *mm*) des Observatoriums in der Werkstätte von J. A. Brashear ausgeführt worden; sie besitzt einen Durchmesser von 76 *mm* und ist 1011 *mm* über dem Brennpunkt angebracht. Gute Schärfe war über ein Gesichtsfeld von 5,3 *mm* (4 Minuten) Durchmesser vorhanden. Eine Reproduktion von zwei Aufnahmen, Spektrum der Sonne und Spektrum des Arcturus, ist beigegeben. Nach Angabe des Verf. erfüllte die Linse die von ihr gehegten Erwartungen.

A. K.

Einige optische und elektromagnetische Eigenschaften von Wärmestrahlen grosser Wellenlänge. I.

Von H. Rubens und E. F. Nichols. *Phys. Rev.* **5.** *S. 98. 1897.*

In einer früheren Arbeit (*Naturw. Rundsch.* **11.** *S. 545. 1896*) hatten die Verf. als Ersatz für die gebräuchliche Methode der spektralen Zerlegung eine neue Methode angegeben, wie man einigermaassen homogene Wärmestrahlen grosser Wellenlänge in einer Intensität erzeugen kann, die für das Studium ihrer Eigenschaften, inbesondere auch die Messung der Wellenlänge, hinreicht. Fällt nämlich die gesammte, von einer Wärmequelle ausgehende Strahlenmenge auf einen Körper, der Strahlen eines bestimmten Wellenlängenbezirks stark absorbirt, so werden die Strahlen dieser Wellenlänge fast vollständig reflektirt, wie Licht von einem Metall, während die übrigen nur schwach, wie Licht von einer Glasplatte, reflektirt werden. Nachdem durch mehrere solcher Reflexionen eine weitere Sichtung vorgenommen ist, werden nur Strahlen ersterer Art in messbarer Menge vorhanden sein.

Bei dem früher benutzten Apparat wurden die Strahlen, welche von der Wärmequelle, einem mit der betreffenden Substanz überzogenen, durch die Gebläseflamme erhitzten Platinblech, ausgingen, nach 3-maliger Reflexion an Platten des betreffenden Materials auf den Spalt eines Spektrobolometers konzentrirt. Zur Bestimmung der Wellenlänge konnte in das letztere ein Beugungsgitter aus $^1/_5$ *mm* dicken Drähten eingeschaltet werden. An diesem Apparat haben die Verf. nun verschiedene Aenderungen vorgenommen. 1. Als Wärmequelle wurde wegen der grösseren Intensität ein Linnemann'scher Zirkonbrenner gewählt, 2. die Anzahl der Spiegel zur Erzielung grösserer Homogenität der Strahlen auf 4 oder 5 vermehrt, 3. an Stelle des Bolometers wurde das Radiometer gebraucht, und zwar eine etwas abgeänderte Form des von dem einen der Verfasser beschriebenen Instrumentes (*diese Zeitschr.* **17.** *S. 123. 1897*); es sei nur erwähnt, dass das Flussspathfenster durch ein solches aus einer $2^1/_2$ *mm* dicken Chlorsilberplatte ersetzt war, die Strahlen von 24 μ theilweise durchliess. Dies Radiometer zeigte sich etwa 5-mal empfindlicher als das früher benutzte Bolometer.

Bei der Untersuchung des infrarothen Spektrums des Quarzes haben die Verf. drei enge Bezirke metallischer Absorption und Reflexion gefunden, deren Maxima den Wellenlängen $\lambda = 8{,}50$; 9,02 und 20,75 μ entsprechen, während man bisher, um den Gang der Dispersion beim Quarz durch die Ketteler-Helmholtz'sche Formel darzustellen, eine Absorptionsbande bei $\lambda = 10$ μ annahm. Die Verf. modifizirten nun die Formel entsprechend 2 Banden bei 8,85 und 20,75 μ und erhielten so gute Uebereinstimmung der berechneten Werthe der Dispersion mit den beobachteten, abgesehen von den Stellen in der Nähe der Banden, wo die Formel nicht mehr anwendbar ist. Bei Glimmer fanden sich 3 Banden bei $\lambda = 9{,}20$; 21,25 und 18,40 μ; dass die ersteren sehr nahe denen des Quarz entsprechen, erklären die Verf. durch den hohen Gehalt des Glimmers an Kieselsäure; die geringe Verschiebung der Banden sei dem Einfluss des Lösungsmittels auf das Absorptionsspektrum der gelösten Substanz zuzuschreiben. Bei Flussspath wurde ein Absorptionsstreifen bei $\lambda = 23{,}73$ μ angezeigt, dessen wahre Lage die Verf. mit Berücksichtigung der Absorptionswirkung des Chlorsilberfensters auf 24,35 μ setzen. *A. K.*

Bemerkungen zu dem Referat „Eine neue Form von Flüssigkeitsprismen ohne feste Wände".

Diese Zeitschr. **17.** *S. 253. 1897.*

Ich möchte nur kurz darauf hinweisen, dass ich die von Herrn Wadsworth[1]) angegebene neue Form von Flüssigkeitsprismen bereits im Jahre 1890 in Vorschlag gebracht und in meiner Schrift über das Totalreflektometer[2]) in *§ 9. S. 135*, der die Ueberschrift

[1]) Wadsworth, *Astrophys. Journ.* **4.** *S. 274. 1896.*

[2]) Pulfrich, Das Totalreflektometer etc. Leipzig 1890. Dass Brewster, wie in dem oben zitirten Referat angegeben ist, die Idee eines solchen Flüssigkeitsprismas schon früher ausgesprochen hatte, war mir nicht bekannt.

„Die Benutzung der freien Oberfläche als brechende Fläche“ trägt, ausführlich beschrieben habe. Ausser der von Herrn Wadsworth erwähnten Methode des in sich zurückkehrenden Strahles (Abbe) sind an der angegebenen Stelle noch einige andere diesbezügliche Methoden beschrieben, auf die hier nur kurz hingewiesen werden soll.

Die von Wadsworth hervorgehobenen Schwierigkeiten einer erschütterungsfreien Aufstellung habe ich, wie an der angegebenen Stelle gesagt ist, dadurch zu beseitigen gesucht, dass ich auf die Oberfläche einige Tropfen Oel gebracht habe, welche, als dünne Schicht ausgebreitet, keinen Einfluss auf den Gang der Strahlen ausüben, wohl aber beruhigend auf die zitternden Bewegungen der Oberfläche einwirken. Ein zweiter Vorschlag ging dahin, eine dünne planparallele Glasplatte, die man durch einige angeklebte Korkstückchen zum Schwimmen bringt, einfach auf die Flüssigkeit aufzulegen.

Dr. C. Pulfrich, Jena.

Ein Induktionsoszillograph.

Von H. Abraham. *Compt. rend.* ***124.*** *S. 758. 1897.*

Fliesst zur Zeit t ein Strom i durch ein Galvanometer und bedeutet Θ die Ablenkung des beweglichen Systems zu dieser Zeit, so gilt die Gleichung

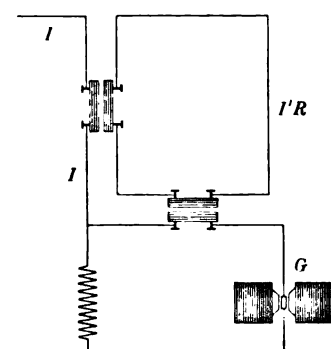
$$K\frac{d^2\Theta}{dt^2} + A\frac{d\Theta}{dt} + C\Theta = Gi \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 1)$$

Darin bedeutet K das Trägheitsmoment des beweglichen Systems, A die Dämpfungskonstante und C die Direktionskraft. Soll in jedem Augenblick die Ablenkung Θ der Stromintensität proportional sein, so muss man K und A verschwindend klein machen.

Abraham beschreitet einen anderen Weg. Er lässt den Strom I, den er registriren will, gar nicht durch das Galvanometer fliessen, sondern schickt durch dasselbe einen Strom i, der mit I durch die Gleichung

$$K\frac{d^2I}{dt^2} + A\frac{dI}{dt} + CI = \lambda i \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 2)$$

verbunden ist. Alsdann ist thatsächlich die Ablenkung Θ in jedem Augenblick I proportional. Um den Strom i herzustellen, wie ihn Gleichung 2) fordert, lässt der Verfasser den Strom I durch einen Transformator auf einen Hülfsstromkreis wirken. Die Stromintensität I' in diesem Kreise ist also proportional $\frac{dI}{dt}$. Dieser zweite Stromkreis wirkt wieder induzirend auf einen dritten Kreis, in den das Galvanometer geschaltet ist; die Stromstärke ist mithin in diesem Kreise proportional $\frac{dI'}{dt} = \frac{d^2I}{dt^2}$. Wir haben damit das erste Glied der Gleichung 2). Um auch das Glied mit $\frac{dI}{dt}$ zu erhalten, muss man auch eine bestimmte Induktion zwischen dem ursprünglichen Strom und dem Galvanometerstrom bestehen lassen; das Glied in I erhält man durch direkte Verbindung dieser beiden Stromkreise.



Die Theorie ergiebt, dass folgende Forderungen für die praktische Ausführung erfüllt sein müssen: die Selbstinduktionen der Rollen müssen zu vernachlässigen sein, die Periode des zu registrirenden Stromes darf nicht der Eigenperiode des beweglichen Systems gleich sein, die Selbstinduktionen müssen einander gleich sein, ebenso die Widerstände des Hülfsstromkreises und des Galvanometerkreises. Das benutzte Galvanometer G (vgl. die Figur) besteht aus einem feststehenden, starken Magneten, zwischen dessen Polen eine längliche Spule von wenigen Millimeter Breite von zwei Torsionsfäden gehalten wird. Ein Lichtstrahl fällt auf einen (nicht abgebildeten) Spiegel S, der um eine horizontale Achse drehbar ist und ihn um einen rechten Winkel ablenkt; nach Reflexion am Galvanometerspiegel fällt der Lichtstrahl auf eine photographische Platte. Der Spiegel S ist an einem

kleinen Pendel befestigt und kommt nur zur Wirksamkeit, wenn er durch die Gleichgewichtslage geht, also eine maximale und ziemlich gleichförmige Geschwindigkeit besitzt. Durch die Verbindung der Bewegung beider Spiegel erhält man die Stromkurve für *I*.

Die Justirung kann experimentell dadurch ausgeführt werden, dass man sich der verschiedenen Formen bedient, die die Kurven beim Oeffnen und Schliessen eines konstanten Stromes annehmen. *E. O.*

Experimentelle Untersuchung über elektrolytisch niedergeschlagenes Eisen.

Von L. Houllevigue. *Journ. de phys.* (*3*) ***6.*** *S. 246. 1897.*

Das elektrolytisch niedergeschlagene Eisen ist in seinen physikalischen Eigenschaften von der Zusammensetzung des Bades und der Stromdichte abhängig. Houllevigue wählte ein stark salmiakhaltiges Bad und eine Stromdichte von 0,04 *Amp.* pro *qcm.* Das so erhaltene Eisen ist sehr reich an Wasserstoff.

Um eine möglichst gleichmässige Eisenschicht zu erhalten, wurde eine Neusilberspirale mit Kupferpolen versehen, die durch eine Lackschicht isolirt und mit dem negativen Pol einer Akkumulatorenbatterie verbunden waren. Der positive Pol dieser Batterie stand mit einem Zylinder in Verbindung, der in der Achse der Neusilberspirale lag. Auf diese Weise wurde auf dem Neusilberdraht zuerst ein Eisenniederschlag und — nach Abätzen des Eisens — ein Kupferniederschlag gebildet. Dabei wurden Gewicht, Dichte und Widerstand des nackten, des mit Eisen und des mit Kupfer bedeckten Neusilberdrahtes bestimmt. Daraus lässt sich dann die Dichte des Eisens und das Verhältniss der spezifischen Widerstände von Eisen zu Kupfer berechnen. Aehnlich ist die Methode zur Bestimmung des Temperaturkoëffizienten des Widerstandes. Ein Streifen Blattgold wurde auf eine Glasplatte gekittet, mit Elektroden versehen und sowohl Widerstand, wie Temperaturkoëffizient gemessen. Dieselben Messungen wurden wiederholt, nachdem eine möglichst gleichmässige Schicht Eisen auf dem Streifen elektrolytisch niedergeschlagen war. Aus beiden Messungen ist dann der Temperaturkoëffizient berechenbar. Wie durch die Beschreibung ersichtlich, werden alle diese Resultate durch Differenzbestimmungen erhalten und können deshalb nur auf einen mässigen Grad von Genauigkeit Anspruch machen.

Die magnetischen Eigenschaften wurden dadurch bestimmt, dass man die Eisenproben in einem durch eine Spule erzeugten Felde von bekannter Grösse Schwingungen ausführen liess und die Schwingungsdauer mass.

Aus allen gemessenen Grössen geht hervor, dass das elektrolytisch niedergeschlagene, wasserstoffreiche Eisen in seinem physikalischen Verhalten dem gehärteten Stahl viel näher steht als dem weichen Eisen. Der Verfasser zieht daraus direkt den Schluss, dass Stahl in seinen physikalischen Eigenschaften viel mehr von der Struktur des Moleküls als der chemischen Natur des im Eisen enthaltenen Körpers abhängt. *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

P. Sidersky, Physikalisch-chemische Konstanten. *Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.* 8°. 208 S. m. 57 Fig. Paris, Gauthier, Villars et fils (Masson et Cie.).

Das vorliegende neue Heftchen der im Uebrigen rühmlichst bekannten Universal-Bibliothek behandelt in sechs Kapiteln die Bestimmung der Dichte und der Konstanten der Zustandsänderungen, sowie die Viskosität, die Brechung, die Kalorimetrie und die Photometrie und giebt die auf die genannten Kapitel bezüglichen Konstanten in Tabellen geordnet wieder.

Für uns Deutsche, die wir in den Landolt-Börnstein'schen physikalisch-chemischen Tabellen ein werthvolles und weit vollständigeres Nachschlagebuch besitzen, dürfte es wohl kaum rathsam sein, beim Aufsuchen irgend welcher Konstanten auf dies Buch mit seinem bescheidenen Umfang zurückzugehen, umsomehr als gerade die neuesten Resultate physi-

kalischer Messungen häufig nicht berücksichtigt sind. Auch bei irgend welchen Zweifeln über Anwendbarkeit der verschiedenen Methoden werden wir lieber zu einem unserer umfangreichen Lehrbücher der Physik greifen. Immerhin ist jedoch das Buch das Resultat wirklichen Fleisses und darum werth, gelesen zu werden. *Schl.*

J. Chappuis u. A. Berget, *Cours de Physique.* gr. 8°. IV, 697 S. m. 465 Fig. Paris 1897. 11,80 M.

O. Chwolson, Lehrbuch d. Physik. Bd. I: Einleitung. Mechanik. Theorie der Gase u. s. w. gr. 8°. 643 S. m. 377 Fig. St. Petersburg 1897. 16,00 M.

S. P. Thompson, Elementare Vorlesungen üb. Elektrizität u. Magnetismus. Deutsch auf Grund der neuesten Auflage d. Originals v. Dr. A. Himstedt. 2. Aufl. gr. 8°. VIII, 604 S. m. 283 Abbildgn. Tübingen, H. Laupp. 7,00 M.; geb. 8,00 M.

B. Cohn, Ueber die Gauss'sche Methode, aus den Beobachtungen dreier gleichen Sternhöhen die Höhe, Zeit u. Polhöhe zu finden u. praktische Hülfsmittel zu ihrer Anwendung. Diss. gr. 4°. 70 S. m. Fig., 2 Karten u. 2 Transparenten. Strassburg, J. Singer. 4,00 M.

B. Philips, Hülfsbuch f. chemische Praktikanten. gr. 8°. VIII, 330 S. m. 263 Holzschn. Stuttgart, F. Enke. 8,00 M.

E. Voit u. C. Heinke, Elektrotechn. Praktikum. Hülfsbuch f. Studirende der Elektrotechnik. 2. Thl. gr. 8°. Leipzig, S. Hirzel. Geb. in Leinw.

2. C. Heinke, Wechselstrommessungen u. magnetische Messungen. XXIII, 300 S. m. 148 Fig. 8,00 M.

J. Violle, Lehrbuch der Physik. Deutsch v. E. Gumlich, W. Jaeger u. St. Lindeck. 2. Thl.: Akustik u. Optik. 2. Bd. Geometrische Optik. gr. 8°. VII u. S. 309—675 m. 270 Fig. Berlin, J. Springer. 8,00 M.; geb. in Leinw. 9,20 M.

Leitfaden f. den Unterricht in der Navigation. 2. Aufl. gr. 8°. X, 370 S. m. 132 Abbildgn. u. 8 Steindr.-Taf. Nebst Anh.: Nautische Rechnungen. 4°. VIII, 139 S. m. Abbildgn. Berlin, E. S. Mittler & Sohn. 13,50 M.; geb. 16,00 M.; Leitfaden allein 11,00 M.; geb. 12,25 M.; Anhang allein 4,00 M.; geb. 5,25 M.

S. P. Thompson, *Light, visible and invisible.* London 1897. 8°. 306 S. Geb. in Leinw. 6,30 M.

Notiz.

In den Tafeln für die Ausdehnung des Wassers mit der Temperatur in *dieser Zeitschr.* ***17.*** *S. 331. 1897* sind auf *S. 334* die Logarithmen der Dichte bei den Temperaturen 38,6° bis 38,9° um eine Einheit der fünften Stelle zu vermindern. Die richtigen Werthe sind demnach

bei	38,6°	38,7°	38,8°	38,9°
	996 8484	8321	8158	7994.

Zu seiner Abhandlung „Eine Methode, Marken und Theilstriche auf Glas hell auf dunklem Grunde sichtbar zu machen" (*diese Zeitschr.* ***17.*** *S. 298. 1897*) theilt Herr Dr. F. F. Martens aus Jena der Redaktion Folgendes mit: Von verschiedenen Seiten bin ich, nach Erscheinen meiner Abhandlung, darauf aufmerksam gemacht worden, dass Herr Dr. V. Wellmann dieselbe Methode schon 1891 in den *Astronom. Nachr. Nr. 3040 S. 266* in einem Aufsatz „Ueber eine Form des Ring- und Rautenmikrometers" mitgetheilt hat. In der That schreibt Hr. Wellmann in der angeführten Abhandlung:

„Seitlich ragt die eine hohe Kante" einer mit Diamantstrichen versehenen Glasplatte „aus dem Okularrohr hervor und wird hier durch eine Lampe erleuchtet. Die in die Platte eintretenden Lichtstrahlen können in Folge totaler Reflexionen nur an den geritzten Stellen austreten und lassen dieselben also als hell auf dunklem Grunde erscheinen."

Um nicht nur Pointirungsmarken, sondern auch die Theilstriche einer längeren z. B. 1 *m* langen Theilung als helle Linien sichtbar zu machen, dazu scheint die Methode bisher nicht angewandt worden zu sein.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVIII. Jahrgang. **Februar 1898.** Zweites Heft.

Der Magnetisirungs-Apparat der Firma Siemens & Halske A.-G.

Von
Dr. **Hubert Kath** in Charlottenburg.

Im Jahre 1894 beschrieb Herr Dr. A. Koepsel in *dieser Zeitschr.* ***14.*** *S. 391. 1894* einen Apparat, der die Untersuchung von Eisen und Stahl auf magnetische Eigenschaften hin in sehr einfacher Weise ermöglichte, da man die Proben in Form von 6 *mm* starken Stäben untersuchen konnte, und die „Induktion“ von dem Apparate — gleich auf das Quadratzentimeter umgerechnet — unmittelbar angezeigt wurde.

Die Erfahrungen, die seit dieser Zeit mit dem Apparat gesammelt wurden, und die Fortschritte, die man seitdem in der Herstellung gleichmässig gut magnetischer Materialien gemacht hat, sind neuerdings zu einer veränderten Ausführung verwandt worden, die den Apparat bedeutend verbessert hat.

Der Magnetisirungs-Apparat.

Die Wirkungsweise des Apparates beruht darauf, dass eine stromdurchflossene Spule, wenn man sie drehbar zwischen den Polen eines Elektromagneten lagert, sich senkrecht zu den Kraftlinien stellt. Bringt man Federn an, die bestrebt sind, die Spule in ihre Nulllage zurückzuführen, so erhält man eine bleibende Ablenkung, die abhängig ist von der Stärke der Federn, von dem Strom in der Spule und von der Induktion im Magneten. Man kann also — und das ist ja in vielen neueren Messinstrumenten geschehen — wenn der Magnet konstant ist, durch die Ablenkung den Strom in der beweglichen Spule messen, oder man kann das Verhältniss umkehren und bei konstantem Strom in der Spule die magnetische Induktion in dem Elektromagneten messen. Dies letztere geschieht in dem Magnetisirungs-Apparat der Firma Siemens & Halske.

Fig. 1 zeigt den vollständigen Apparat, Fig. 2 erklärt die Wirkungsweise, Fig. 3 giebt eine Ansicht des Apparates ohne Schutzkappe. Der Elektromagnet wird hier (Fig. 2) durch die zu untersuchende Eisenprobe *P* gebildet, die von der Magnetisirungs-Spule *S* umgeben ist. Die Enden des Stabes stecken, durch Klemmbacken *K* und Schrauben befestigt, in einem starken Eisenjoch *J*, das halbkreisförmig gestaltet den Kreis der Kraftlinien schliesst und die Rückwirkung der Enden auf die Induktion in der Eisenprobe beseitigt. Das Joch ist in der Mitte von oben bis unten durch einen zylindrischen Luftraum von 1 *mm* Dicke durchschnitten, bildet also gleichsam zwei Polschuhe für die Enden des Stabes. In dem Luftraum schwingt dann die Spule *s*, welche, von einem Hülfsstrom durchflossen, die Induktion in dem Probestab durch den mit ihr verbundenen Zeiger auf der Skale des Apparates anzeigt.

Die Magnetisirungs-Spule *S* ist so gewickelt, dass ein magnetisirender Strom von beispielsweise 1 *Amp.* ein Feld von 100 C.G.S. erzeugt. Man misst den Strom

mit einem 1-ohmigen Siemens'schen Präzisions-Milli-Volt- und -Ampèremeter, zu dem im Nebenschluss $^1/_9$ *Ohm* gelegt ist, und erhält so für 1° Ausschlag am Instrument ein Feld gleich Eins, da im Instrument ohne Nebenschluss 1° = 0,001 *Amp.* ist. Man liest also die Feldstärken am Instrument selbst ohne Umrechnung ab.

Auch der Hülfsstrom lässt sich mit demselben Instrument (ohne Nebenschluss) leicht messen, da er nur einige Hundertstel *Amp.* beträgt. Ein Stöpselschalter, der



Fig. 1.

es ermöglicht, das Präzisionsinstrument in die beiden Zweige nach Wunsch einzuschalten, wird weiter unten näher beschrieben werden.

Ausser den schon erwähnten Theilen sehen wir noch in Fig. 3 auf dem Joch einige Windungen, deren Zweck sich aus folgender Betrachtung ergiebt. Die Magnetisirungs-Spule erzeugt nämlich auch ohne Eisenstab in dem Joch eine gewisse Menge Kraftlinien, deren Zahl im Vergleich zu der Induktion in einem 6 *mm* dicken Stabe nicht zu vernachlässigen ist; man muss also diese Einwirkung der Spule auf das Joch beseitigen, um die Magnetisirung des Stabes allein wirken zu lassen. Es geschieht dies durch die erwähnten Windungen, welche, hinter die Spule geschaltet, das Joch in entgegengesetztem Sinne, wie es die Spule thut, magnetisiren, sodass die Wirkung beider sich aufhebt.

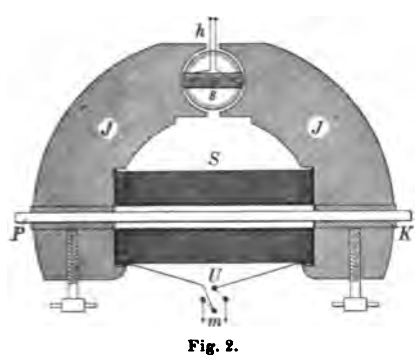


Fig. 2.

In die mit *h* bezeichneten Klemmen des Apparates (Fig. 1 u. 3, rechts) wird der Hülfsstrom geleitet. Der magnetisirende Strom tritt bei *m* ein und geht zunächst durch den Stromwender *U* (Fig. 2), der in seiner Nullstellung zugleich Ausschalter ist. Je nachdem der Hebel des Stromwenders rechts oder links steht, wird der untersuchte Stab in der einen oder anderen Richtung magnetisirt, und der Zeiger zeigt positive oder negative Induktion an.

Für die Behandlung des Apparates sind nur wenige Punkte zu beachten. Man muss ihn vor allem gegen fremden Magnetismus schützen, darf also keine Eisenstücke und noch viel weniger Magnete in die Nähe bringen. Will man Messinstrumente, die einen Magneten enthalten, benutzen, so sollen sie hinreichend weit vom Apparat entfernt sein.

Auch zu weit aus dem Joch vorstehende Stabenden bilden unter ungünstigen Umständen „äussere Magnete“, man lässt den Stab P also nur wenig oder garnicht über die Enden der Klemmbacken hervorragen. Die Einwirkung des Erdmagnetismus beseitigt man, wenn man die bewegliche Spule s senkrecht zum magnetischen Meridian stellt. Ein auf der Skale des Apparates angebrachter Strich steht dann in der Richtung Nord-Süd (oder Süd-Nord). Als Beweis für die richtige Stellung dient es, dass der Zeiger in Ruhe bleibt, wenn man — natürlich ohne einen Eisenstab in den Apparat zu bringen — den Hülfsstrom allein einschaltet. Es hat übrigens auf die Richtigkeit der Angaben des Apparates keinen Einfluss, wenn diese Einstellung nicht ganz genau ausgeführt wird, da in diesem Falle nur die gleichartigen Ausschläge nach beiden Seiten ($+\mathfrak{B}$ und $-\mathfrak{B}$) etwas von einander abweichen, der Mittel-

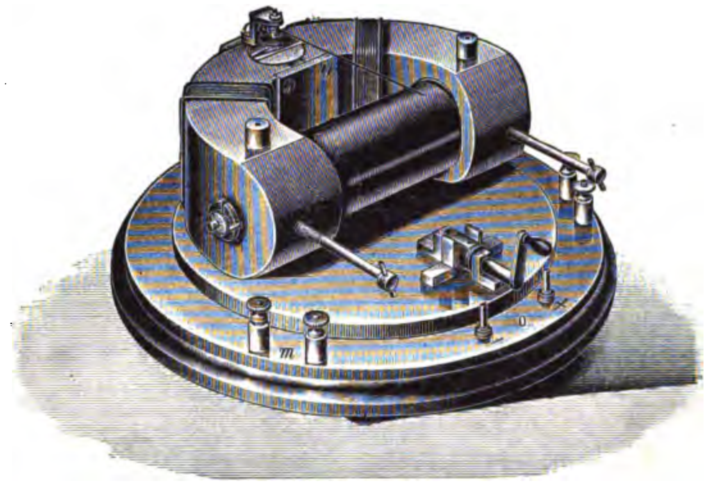


Fig. 3.

werth aus beiden Ablesungen aber doch richtig ist. Da man aber häufig bei härteren Eisensorten und fast immer bei hartem Stahl bei verschiedenen Magnetisirungs-Richtungen verschiedene Induktionen $+\mathfrak{B}$ und $-\mathfrak{B}$ für die gleichen positiven bezw. negativen $\mathfrak{H}$ erhält, so empfiehlt es sich schon aus diesem Grunde, stets zwei Beobachtungen mit entgegengesetzter Richtung der Magnetisirung zu machen und das Mittel aus beiden Ablesungen als „Induktions-Kurve“ des betreffenden Materials zu zeichnen.

Um Irrthümern vorzubeugen, sei noch erwähnt, dass auch bei diesem Apparat — wie bei allen Zeigerinstrumenten mit Glasscheiben — beim Putzen der Glasscheibe unter besonderen Umständen eine elektrostatische Ladung an der Scheibe auftreten kann, die den Zeiger aus seiner Nullstellung ablenkt. Man beseitigt sie aber sehr leicht durch Anhauchen der Glasscheibe.

Die Magnetisirungs-Schaltung.

Das Ampèremeter zur Messung des magnetisirenden Stromes muss, wie oben gesagt, in einiger Entfernung vom Apparat aufgestellt werden. Auch die 4-*Volt*-Batterie, die den magnetisirenden Strom erzeugt, wird man vortheilhaft abseits aufstellen. Die sonst noch zu dem Magnetisirungs-Apparat gehörigen Neben-Apparate, lassen sich in gefälliger Form mit dem Apparat selbst zu einer *Magnetisirungs-Schaltung* vereinigen, wie sie Fig. 4 darstellt. Fig. 5 giebt das Schaltungs-Schema.

Der Ein-Kurbel-Widerstand W_m liegt im Kreise des magnetisirenden Stromes m. Seine Stufen sind so eingerichtet, dass bei Benutzung einer 4-*Volt*-Batterie Induktions-

Kurven mit passend gelegenen Punkten an allen weichen Eisensorten aufgenommen werden können, ebenso passen die Stufen auch für Untersuchungen von gehärtetem Stahl bei Verwendung einer 8-*Volt*-Batterie. Die Knöpfe des Widerstandes sind numerirt. Durch Drehen der Kurbel nach der Seite der abnehmenden Zahlen werden die Widerstände ausgeschaltet.

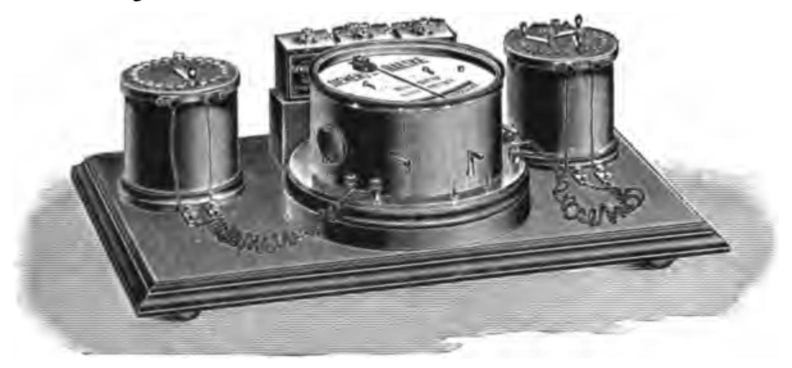


Fig. 4.

Den Hülfsstrom erzeugen drei Trockenelemente E. Eingestellt wird er an dem Drei-Kurbel-Widerstand W_h, bei dem die rechte Kurbel (vgl. Fig. 5) in groben, die hintere in feineren und die linke in kleinsten Abstufungen einstellt.

Beim Aufstellen der Schaltung ist nur darauf zu achten, dass die vorderen *m*- und *h*-Klemmen des Brettes mit den gleichnamigen des Magnetisirungs-Apparates durch

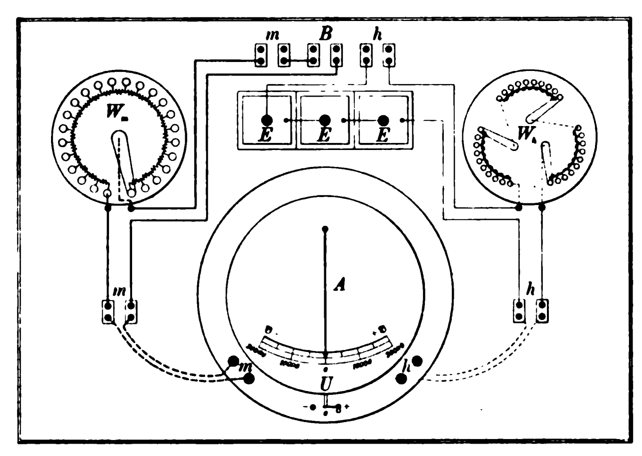


Fig. 5.

die mitgelieferten biegsamen Leitungen verbunden werden. Dann schliesst man an die hinteren *m*- und *h*-Klemmen die zum Stöpselschalter (vgl. weiter unten) führenden Leitungen an und legt bei *B* die Batterie für den magnetisirenden Strom an.

Der Stöpselschalter.

Eine bequeme Messvorrichtung für den magnetisirenden Strom und den Hülfsstrom stellt der Stöpselschalter (Fig. 6) dar. Er steht auf einem Brett, auf das man ein 1-ohmiges Präzisions-Milli-Volt- und -Ampèremeter aufschiebt. Zwei Kupferfedern greifen dann unter die Klemmen des Messinstrumentes und werden dort festgeschraubt. Die Anschlussklemmen *m* und *h* des Stöpselschalters sind mit den gleichnamigen Klemmen der Magnetisirungs-Schaltung (Fig. 5 oben) durch Leitungsschnüre verbunden.

Bemerkt man beim erstmaligen Einschalten des Hülfsstromes einen links gehenden (also falschen) Ausschlag des Ampèremeters, so muss man die Leitungsschnüre an den *h*-Klemmen des Stöpselschalters mit einander vertauschen. Das Gleiche gilt von dem magnetisirenden Strom und den Zuleitungen bei *m*.

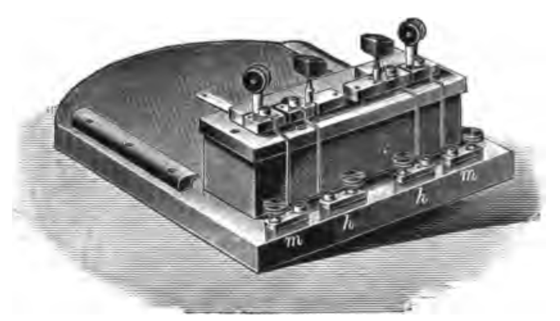


Fig. 6.

Die Schaltungen ergeben sich am besten aus beifolgenden Skizzen (Fig. 7):

a) ist die Schaltung zur Messung des Hülfsstromes (*h*). Da dieser während einer Messung der gleiche bleibt, genügt es, ihn vorher einmal abzulesen;

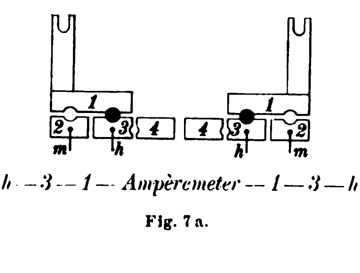


Fig. 7 a.

b) dient zur Messung des magnetisirenden Stromes (*m*). An Stelle des Ampèremeters ist in den *h*-Kreis ein Widerstand von 1 *Ohm* durch die dünnen Stöpsel eingeschaltet. Das Ampèremeter selbst ist jetzt durch die dicken Stöpsel in Nebenschluss zu einem $^1/_9$ *Ohm* geschaltet, durch das der magnetisirende Strom beim Einschalten des Umschalters *U* am Magnetisirungs-Apparat fliesst. Es bedeutet jetzt 1° Ausschlag ein Feld $\mathfrak{H} = 1$ C.G.S.;

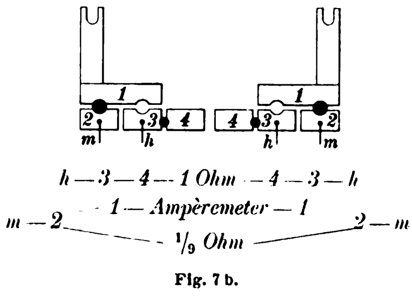


Fig. 7 b.

c) ist eine Schaltung, wie sie bei Untersuchung von hartem Stahl bis $\mathfrak{H} = 300$ wünschenswerth ist. Schaltet man nämlich vor das Ampèremeter, dessen Widerstand 1 *Ohm* beträgt, noch $1^1/_9$ *Ohm*, so ist 1° Ausschlag am Instrument gleich einem Feld $\mathfrak{H} = 2$ C.G.S. Dieser Widerstand von $1^1/_9$ *Ohm* kann auf besonderen Wunsch zwischen den Messingklötzen 1 und 2 rechts angebracht werden, sodass er beim Herauslassen des rechten Stöpsels vor das Instrument geschaltet ist.

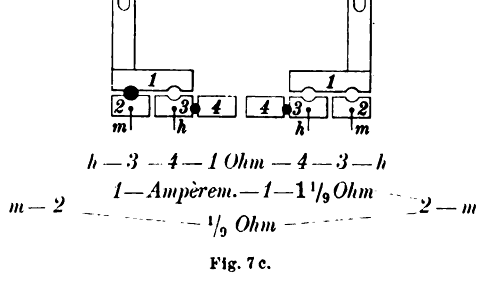


Fig. 7 c.

Die Aufnahme von Induktions-Kurven.

Die Untersuchung einer Eisenprobe mit dem Apparat geht sehr schnell von statten und kann selbst von Ungeübten leicht ausgeführt werden.

Man beginnt mit der Einstellung des Hülfsstromes nach der Schaltung Fig. 7a.

Die Stärke des Hülfsstromes *h* in *Ampère* beträgt

$$h\ (Amp.) = \frac{\text{Konstante}}{qcm},$$

wo *qcm* den Querschnitt der untersuchten Probe in *qcm* bedeutet, „Konstante“ eine Zahl, die bei der Aichung auf jedem Apparat angegeben wird.

Der magnetisirende Strom ist zunächst durch Nullstellung des Umschalterhebels am Apparat (*U*, Fig. 2 u. 5) ausgeschaltet und die Kurbel bei W_m steht auf Knopf 24. Man stellt dann die Schaltung Fig. 7b her und schaltet am Apparat ein, liest Feld und Induktion ab, stellt die Kurbel von W_m auf Knopf 23 und liest wieder ab, u. s. w. bis zum gewünschten Höchstbetrag des Feldes ($\mathfrak{H}$ = etwa 150); man erhält so die „jungfräuliche“ Kurve, die von $\mathfrak{H} = 0$, $\mathfrak{B} = 0$ beginnt. Sollte sich beim Beginn der Ablesungen bei $\mathfrak{H} = 0$ schon eine Ablesung $\mathfrak{B}$ ergeben, so hatte der Stab schon eine Magnetisirung in irgend einer Richtung. Beträgt diese nur einige Hundert C.G.S. so kann man sie meist vernachlässigen, da dies auf den weiteren Verlauf der Kurve nicht von Einfluss ist. Anderenfalls muss man versuchen, den Stab zu entmagnetisiren, indem man ihn in entgegengesetzten Richtungen mit immer kleiner werdenden Feldern magnetisirt, bis beim Ausschalten des Stromes *m* die Induktion = 0 oder wenigstens sehr klein ist.

Hysteresisschleifen nimmt man auf, indem man vom höchsten Feld ($\mathfrak{H} = +150$) beginnend die Kurbel W_m allmählich nach den grösseren Zahlen hin dreht, bei *U* aus- und umschaltet und wieder bis zum gleichen Höchstbetrag des Feldes emporsteigt ($\mathfrak{H} = -150$). Das Ampèremeter im Stöpselschalter schlägt sowohl für positive als auch für negative $\mathfrak{H}$ nach rechts aus, das Vorzeichen von $\mathfrak{H}$ ist also nur durch die + oder — Stellung des Umschalters *U* gegeben. Sollten sich nach dem Aufstellen der Schaltung bei einer jungfräulichen Kurve negative $\mathfrak{B}$-Werthe bei positiver Stellung von *U* ergeben, so vertauscht man einfach die bei *h* in den Apparat führenden Leitungen mit einander.

Eisen-*Bleche* untersucht man, wie folgt: Man stellt sich aus Blechstreifen, die man ganz an den Enden des besseren Haltes wegen zusammengenietet hat, ein Bündel von etwa 5 × 5 *mm* Querschnitt her, und klemmt sie mit *waagerecht* liegenden Flächen in den Apparat ein (zwei Paar Klemmbacken für diesen Zweck werden stets mitgeliefert). Das übrige Verfahren ist dasselbe, wie oben beschrieben wurde, nur achte man darauf, dass die Bleche auch im Apparate gerade gerichtet sind.

Dass die Stäbe in die Klemmbacken gut passen sollten, braucht wohl kaum noch erwähnt zu werden. Doch ist diese Bedingung nicht mit zu grosser Strenge zu handhaben, da auch ein weniger guter Schluss nicht bedeutende Fehler ergiebt. Bei gehärtetem Stahl lassen sich zudem die Stangen selten so gerade herstellen, dass sie dieser Forderung voll entsprechen können.

Nach Benutzung der Schaltung thut man gut, durch Herausziehen aller Stöpsel und durch Stellung des Umschalters *U* auf Null beide Stromkreise auszuschalten. Die Kurbeln an den Widerständen dreht man dann jedesmal im Sinne des Uhrzeigers bis an ihre Anschläge herum.

Inwieweit der Magnetisirungs-Apparat die wirklichen Werthe der Induktion wiedergiebt, soll in dieser Beschreibung nicht näher auseinandergesetzt werden, da in der folgenden Mittheilung gleichzeitig eine genaue Untersuchung hierüber von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt veröffentlicht wird. Es sei nur kurz bemerkt, dass die Abweichung von den absoluten Werthen überraschend gering ist und in den meisten Fällen einfach vernachlässigt werden kann.

Ich möchte hier nur noch meinem Dank gegenüber der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und besonders gegenüber den Hrn. Dr. Orlich und Dr. Schmidt Ausdruck geben, deren freundlichem Entgegenkommen ich manche Anregung bei magnetischen Versuchen und besonders auch bei der Untersuchung dieses Apparates verdanke.

Untersuchungen über den Koepsel'schen Apparat zur Bestimmung der magnetischen Eigenschaften des Eisens.

Von

E. Orlich.

(Mittheilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Im Jahre 1894 wurde von der Firma Siemens & Halske ein von Hrn. Dr. A. Koepsel konstruirter Apparat zur Untersuchung der magnetischen Eigenschaften von Stahl und Eisensorten ausgegeben, der der Gestalt nach eine Umkehrung der bekannten d'Arsonval-Galvanometer ist[1]). Während man nämlich beim d'Arsonval-Galvanometer eine Spule in einem konstanten Magnetfelde aufhängt und durch die Ablenkung der Spule die Stärke des Stromes misst, der in ihr fliesst, bringt Hr. Koepsel eine von einem konstanten Strome durchflossene Spule, so wie bereits nach einer Anregung von Wilh. Weber die Hrn. F. Kohlrausch und Stenger in anderer Gestalt gethan haben, in ein veränderliches Magnetfeld und schliesst aus der Grösse der Ablenkung auf die Stärke des Magnetfeldes. Neuerdings hat Hr. Dr. Kath den Apparat einer Neukonstruktion unterzogen. Da in der Reichsanstalt zur Zeit vergleichende Untersuchungen über die verschiedenen Methoden zur Aufnahme von Magnetisirungskurven angestellt werden, so ersuchte sie die Firma Siemens & Halske, ihr beide Typen des Koepsel'schen Apparates, die im Folgenden als älterer und neuerer Apparat unterschieden werden mögen, leihweise zur Verfügung zu stellen.

Ueber die bei der Untersuchung dieser Apparate gewonnenen Erfahrungen soll im Nachfolgenden berichtet werden.

1. Man kann bei der Messung mit dem Koepsel'schen Apparate zu entstellten Resultaten kommen dadurch, dass nicht nur die zu messenden Kraftlinien die bewegliche Spule schneiden, sondern auch Kraftlinien, die von fremden Ursachen herrühren und in unsymmetrischer Weise die Angaben des Apparates beeinflussen. Dahin gehört vor Allem das Erdfeld. Der Apparat muss offenbar so gestellt werden, dass die zum Erdfeld gehörigen Kraftlinien die Windungsebene der beweglichen Spule senkrecht schneiden. Da die Richtung des Erdfeldes durch die Eisenmassen des Joches eine Aenderung erfahren kann, so darf man den Apparat nicht ohne Weiteres nach dem magnetischen Meridian orientiren. Es wurde vielmehr durch die bewegliche Spule ein Strom geschickt, während die Eisenprobe noch nicht im Apparate lag, und der ganze Apparat so lange gedreht, bis der Zeiger der Spule keinen Ausschlag mehr anzeigte. Thatsächlich bildete dann bei beiden Apparaten die Senkrechte zur Windungsebene der Spule mit dem magnetischen Meridian einen kleinen Winkel. Im Uebrigen müssen selbstverständlich alle Apparate und Gegenstände, die entweder selbst magnetische Kraftlinien aussenden oder auch nur einen geringen magnetischen Widerstand besitzen, in grössere Entfernung gebracht werden, um keine direkte Wirkung mehr auf die Spule auszuüben. Die Weston-Spannungsmesser und Regulirwiderstände waren

[1]) *Diese Zeitschr.* **14.** *S. 391. 1894; Elektrotechn. Zeitschr.* **15.** *S. 214. 1894.*

deshalb bei der vorliegenden Untersuchung in einer Entfernung von 1,5 *m* vom Magnetisirungsapparat aufgestellt.

2. Weiter kann man in den Resultaten Fehler erhalten, die durch äussere Störungen hervorgerufen werden, wenn die zu untersuchenden Stäbe aus dem Magnetisirungsapparate herausragen, wie dies z. B. in den Figuren 5 und 8a *a. a. O. dieser Zeitschr.* und den Fig. 9 und 12 der *Elektrotechn. Zeitschr.* dargestellt ist. Die Stäbe, die in der Reichsanstalt nach der Jochmethode untersucht wurden, pflegen 33 *cm* lang zu sein, während der Koepsel'sche Apparat nur 24 *cm* lang ist. Als von einem derartigen Stabe eine vollständige Hysteresisschleife im Koepsel'schen Apparate aufgenommen wurde, zeigten die beiden Kurvenäste starke Unsymmetrien, deren Ursache in dem herausragenden Ende vermuthet wurde.

Um diese Abweichungen künstlich hervorzurufen und ihre Grösse festzustellen, wurde ein absichtlich vorher magnetisirter 33 *cm* langer Stahlstab so in den Apparat gebracht, dass er nur auf der einen Seite herausragte. Das herausragende Ende war nordmagnetisch. Wurde jetzt der Stab in dem gleichen Sinne wie bereits vorher bis zum Maximum magnetisirt, so ist aus Fig. 1 durch den Verlauf der Kraftlinien zu ersehen, dass die Spule eine zu kleine Induktion anzeigen muss. Man erhielt bei einer Feldstärke 207,5 die Induktion 15400 C.G.S.-Einheiten. Magnetisirte man jetzt in entgegengesetzter Richtung, so erhielt man für dieselbe Feldstärke eine zu grosse Induktion. Der Versuch ergab 17850 Induktionslinien.

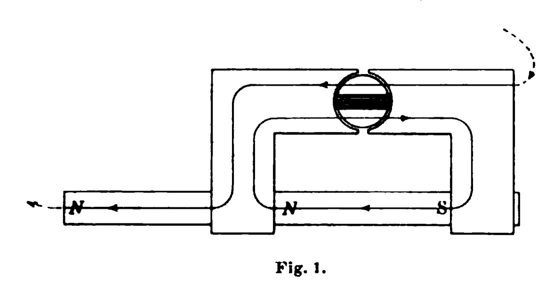


Fig. 1.

Mit weichem Eisen erhielt man qualitativ dieselben Resultate, nur dass die Unterschiede viel geringer sind, weil man das herausragende Ende nicht so konstant und so hoch magnetisiren kann.

Um schliesslich den Einfluss eines unmagnetischen herausragenden Endes festzustellen, wurde ein weicher Eisenstab von 33 *cm* Länge gut entmagnetisirt und in derselben Weise, wie bei dem vorigen Versuch, in den Apparat gebracht. Die beiden Zweige der Hysteresisschleife waren vollkommen symmetrisch; die maximale Feldstärke von 140 Einheiten ergab 18540 Induktionslinien. Es wurde nun der Stab auf 23,4 *cm* Länge abgeschnitten und die Magnetisirungskurve von Neuem bestimmt. Dieselbe verlief für kleinere Feldstärken ebenso, wie die frühere, das Induktionsmaximum dagegen lag höher; einer Feldstärke 140 entsprachen jetzt 18850 Induktionslinien. Diese Erscheinung ist darin begründet, dass im ersteren Falle der magnetisirte Stab nicht nur durch das Joch des Apparates geschlossen ist, sondern auch durch das herausragende Ende und den umgebenden Luftraum einen Nebenschluss erhält. Es geht daher ein Theil der Kraftlinien für die Messung verloren.

Derselbe Versuch wurde auch mit einem vorher unmagnetischen Stahlstab ausgeführt. Die Differenz der Maxima ist in diesem Falle viel geringer, wie es sich von vornherein wegen des grösseren magnetischen Widerstandes des Stahls erwarten liess.

Diese Versuche zeigen, dass es leider ausgeschlossen ist, den Koepsel'schen Apparat in der Weise zur Untersuchung der Gleichmässigkeit eines Materials zu verwenden, dass man einen langen Stab an verschiedenen Stellen im Apparat einklemmt und jedesmal die zugehörige Magnetisirungskurve bestimmt.

3. Die soeben beschriebene Erscheinung ist auch der Grund für eine Beobachtung, die man am älteren Koepsel'schen Apparate anstellen kann. Bei diesem liegt der zu untersuchende Stab in Eisenbacken, die durch weit herausragende eiserne Schrauben mit T-förmigem Kopf festgeklemmt werden. Magnetisirt man nun eine Eisenprobe bis zum Maximum und löst diese Schrauben, ohne sie ganz herauszuziehen, so ist keine Veränderung der Zeigerstellung zu bemerken, weil die Backen durch den Magnetismus noch immer hinreichend festgehalten werden. Zieht man aber die Schrauben ganz heraus und bringt sie in genügende Entfernung, so zeigte der Zeiger an der beweglichen Spule ungefähr 1000 Induktionslinien mehr an. Auch hier veranlassten die beiden eisernen Schrauben einen magnetischen Nebenschluss, der dem Joch des Apparates einen Theil der Kraftlinien entzog. Aus diesem Grunde ist der neuere Apparat mit Schrauben aus Messing zur Befestigung der Eisenproben versehen.

4. Um nun den Apparat zu aichen, wurden in jedem der beiden Apparate je ein weicher Eisenstab und ein Stahlstab untersucht, deren Magnetisirungskurven bereits vorher im grossen Joch der Reichsanstalt bestimmt waren.

Die beiden Stahlstäbe *V57* und *V58* waren von demselben Material aus derselben Stange geschnitten, die Koërzitivkraft betrug 27,3; die beiden weichen Eisenstäbe *V 23* und *V 13* waren von verschiedenem Material[1]); *V 23* und *V 13* hatten die Koërzitivkräfte 1,3 bezw. 0,9. Von diesen Stäben ist *V57* und *V23* im älteren Apparat, *V58* und *V13* im neueren untersucht worden. Alle vier Stäbe waren ungefähr 24 *cm* lang und 6 *mm* dick. Der magnetisirende Strom wurde mit einem Präzisionsvoltmeter von 100 *Ohm* Widerstand gemessen, das je nach der Stromstärke an Normalwiderstände von 10, 3, 1,5, 1, 0,5 *Ohm* angelegt wurde. Der Strom in der beweglichen Spule durchfloss einen Normalwiderstand von 100 *Ohm*, an dessen Enden die Spannung mit einem Kompensationsapparat in der Ausführung von Raps gemessen wurde.

Nach der Untersuchung im Koepsel'schen Apparate wurden die Stäbe *V13*, *V23*, *V57* ebenso wie bei den Untersuchungen über die magnetische Waage von du Bois[2]) zu Ellipsoiden abgedreht und magnetometrisch untersucht. Das Abdrehen der Stäbe wurde in der Werkstatt der Reichsanstalt vorgenommen. Während früher zu diesem Zweck Lehren hergestellt wurden, sind diese Ellipsoide ohne Lehre abgedreht worden und nur mit einem Tastzirkel, dessen Zangen mikrometrisch eingestellt werden konnten, der vorausgegangenen Berechnung gemäss geprüft worden. Zur Kontrole wurde eine Volumenbestimmung durch Wägung in Luft und Wasser ausgeführt, und andererseits Länge und maximale Dicke der Ellipsoide bestimmt. Es ergab sich:

	V 23	*V 57*	*V 13*
Volumen durch Wägung	4,0214 *ccm*	4,3864 *ccm*	4,0249 *ccm*
Volumen aus den Dimensionen berechnet	4,0352 „	4,3928 „	4,0324 „
Unterschied	+ 0,34%	+ 0,15%	+ 0,19%

Die Zahlen zeigen, dass es auch ohne Herstellung einer Lehre gelungen ist, Ellipsoide von hinreichender Genauigkeit herzustellen. Die magnetometrische Messung wurde in derselben Weise ausgeführt, wie bei der Aichung der du Bois'schen Waage (*a. a. O. S. 358*). Aus den so gewonnenen absoluten Kurven für *V13*, *V23*, *V57* erhielt man direkt die Scheerung zwischen Ellipsoid und Koepsel'schem Ap-

[1]) Der neuere Apparat wurde der Reichsanstalt erst zur Verfügung gestellt, nachdem die Untersuchungen mit dem älteren Modell bereits abgeschlossen waren.

[2]) *Diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 353. 1896.*

parat. Von einem Abdrehen von *V58* zum Ellipsoid konnte abgesehen werden. Es sind nämlich durch *V57* und ein schon früher hergestelltes Ellipsoid *V56*, die beide aus derselben Stange wie *V58* geschnitten waren, zwei Scheerungslinien zwischen Ellipsoid und grossem Joch gewonnen worden, die sehr gut mit einander übereinstimmen. Die Scheerungslinie von *V58* zwischen Ellipsoid und Koepsel'schem Apparat erhielt man demnach dadurch, dass man die Scheerung zwischen Ellipsoid und grossem Joch, gewonnen aus *V57*, und diejenige zwischen grossem Joch und Koepsel-schem Apparat, gewonnen aus *V58*, addirte.

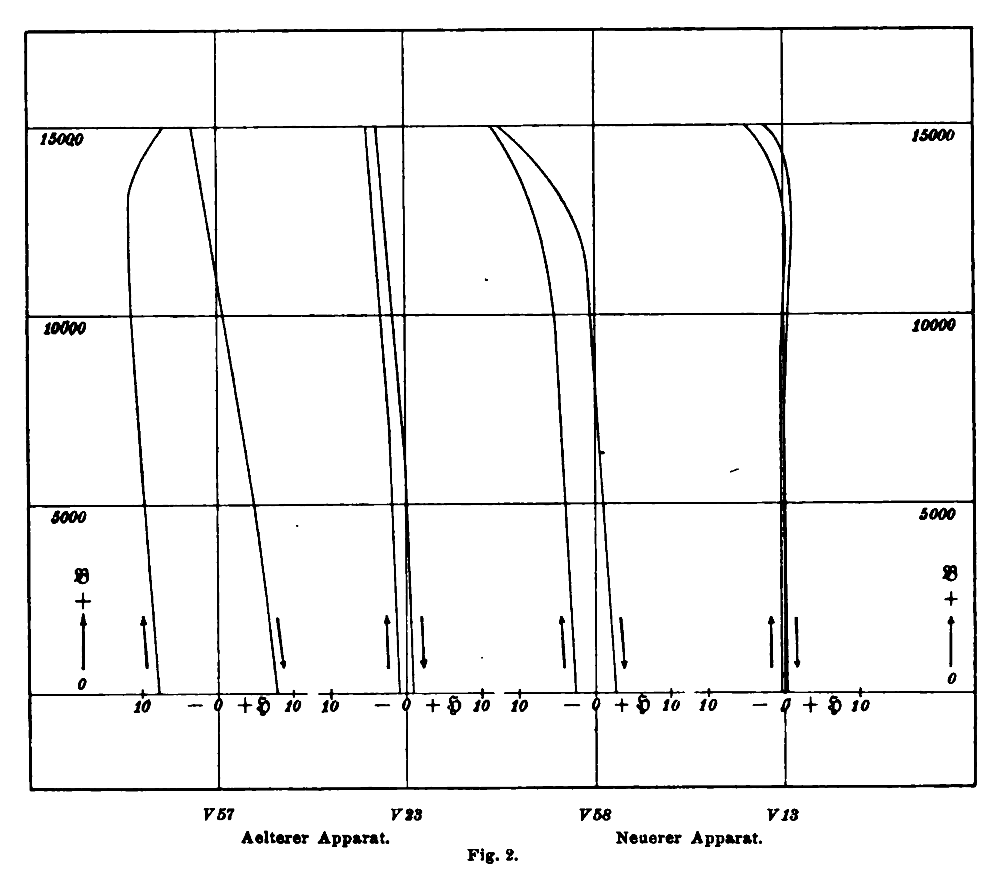
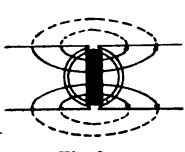


Fig. 2.

Aus den in Fig. 2 dargestellten Kurven ist ersichtlich, dass die Scheerung für weiches Eisen (*V23*, *V13*) bedeutend kleiner ist als für Stahl (*V57*, *V58*). Weiter erkennt man, dass die Scheerung im neueren Apparate bedeutend geringer ist als im älteren. Die Scheerung für weiches Eisen (*V13*) ist beim neueren Apparate praktisch gleich Null zu setzen; jedenfalls sind die Unterschiede, die man erhält, wenn man mehrere Stäbe untersucht, die aus demselben Block geschnitten sind, grösser wie die durch die Scheerungslinien charakterisirten. Für Stahl ist die Scheerung zwar grösser; sie ist aber ungefähr ebenso gross wie die Scheerung zwischen Ellipsoid und grossem Joch.

Es geht daraus hervor, dass der neuere Apparat ziemlich dieselben Kurven giebt wie das grosse Joch. Dies günstige Resultat ist wohl im Wesentlichen erreicht worden durch Verwendung eines besseren Materials für das Joch des Apparates. Jedenfalls spielt aber auch eine wesentliche Rolle, dass die Grösse des Maximalausschlages im neueren Apparat um $^1/_3$ kleiner ist als im älteren. Abgesehen davon,

dass schon der Theorie nach die Ablenkung der Spule nicht der Zahl der Kraftlinien, welche die bewegliche Spule schneiden, proportional ist, erkennt man die Richtigkeit dieser Behauptung aus folgendem Versuch, der mit dem älteren Apparat angestellt wurde. Es wurde die Feder, welche die bewegliche Spule in ihrer Ruhelage erhält, so justirt, dass der Zeiger in seiner Ruhelage auf die Zahl 20000 einspielte, dass also die Windungsebene der beweglichen Rolle mit der früheren Gleichgewichtslage einen grösseren Winkel (40°) bildete. Schickt man jetzt durch die bewegliche Spule einen Strom, während sich im Apparat keine Eisenprobe befand, so ging bei der angewandten Stromstärke der Zeiger unabhängig von der Richtung des Stromes auf 18500 zurück. Diese Beobachtung erklärt sich folgendermaassen. Der Hülfsstrom in der beweglichen Spule wirkt magnetisirend auf das Joch. Stehen nun die Windungen der Spule auf der Längsrichtung des Joches senkrecht (s. Fig. 3, Ansicht von oben), so gehen die durch den Hülfsstrom erzeugten Kraftlinien durch den äusseren Luftraum, d. h. einen grossen magnetischen Widerstand. Dreht man aber die Spule um 90°, so verlaufen fast sämmtliche Kraftlinien (abgesehen vom inneren Luftraum) auch ausserhalb der Spule im Eisen. Wenn also die Spule vom Strom durchflossen ist, wird sie stets das Bestreben haben, sich in die zuletzt beschriebene Lage zu stellen, wie es auch der Versuch zeigt. Da diese Wirkung nur bei grossen Ausschlägen eintritt, so wird sie bei dem neueren Apparat nur einen geringen Einfluss haben.


Fig. 3.

5. Die vorstehenden Untersuchungen haben ergeben, dass man die unter 1. bis 3. aufgeführten Vorsichtsmaassregeln beobachten muss, um mit dem Apparate richtig zu arbeiten. Der Vergleich mit anderen Methoden hat gezeigt, dass man Magnetisirungskurven erhält, die für weiches Eisen für alle praktischen Zwecke mit der absoluten Kurve zusammenfallen, während für Stahl Abweichungen bestehen bleiben, die indessen nur ebenso gross sind, wie die Differenzen zwischen den Kurven, die im grossen Joch und magnetometrisch gefunden werden. Das Arbeiten mit dem Apparat ist einfach und bequem und erfordert fast gar keine Rechnung.

Venusdurchmesser und Venusdurchgang.

Von

Karl Strehl, K. Gymnasiallehrer zu Erlangen.

Es bedarf kaum einer Erklärung, wieso ein scheinbar rein astronomisches Thema in dieser der Instrumentenkunde gewidmeten Zeitschrift seine Behandlung findet. Hängen ja doch die angeregten Fragen aufs innigste mit Instrumentaleigenschaften zusammen. Struve bereits hat in seiner Abhandlung „Ueber den Einfluss der Diffraktion an Fernrohren auf Lichtscheiben“[1]) die Theorie auf dieses Problem angewandt, jedoch ohne eigentlich endgültige Schlüsse zu ziehen; die komplizirten Integraltransformationen zur näherungsweisen Berechnung der maassgebenden Funktionen erwiesen sich zudem als sehr mühsam. Nachdem sich nun aus meiner letzten Studie „Instrumentalaberrationen und astronomische Beugung des Lichts“ (*diese Zeitschr.* **17.** *S. 301. 1897*) eine merkliche Modifikation des scheinbaren Venusrandes durch Beugung der Sonnenstrahlen am Planetenkörper nicht ergeben hatte, lag es für mich nahe, dieses Problem wieder aufzunehmen, unter Anwendung von mechanischer Quadratur

[1]) *Mémoires de l'académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg* **30.** *1882.*

auf Grund der von mir auf *S. 89* meiner „Theorie des Fernrohrs" angegebenen strengen Formel und mit theilweiser Benutzung der Abhandlung von **Struve**. Die wenigen gemeinsamen Zahlen stimmen mit einer einzigen Ausnahme, wobei der Fehler noch nicht $^1/_2$% erreicht, durchaus überein, und da sie auf verschiedene Weise erhalten wurden, so liegt hierin eine Garantie für die Richtigkeit meiner Berechnungen innerhalb der angegebenen Fehlergrenzen. In der theoretischen Auffassung des Problems jedoch nehme ich einen anderen Standpunkt ein als **Struve**. Wenn ich wohl weiss, dass die Wahrnehmung eines Lichtsaums um die dunkle Venusscheibe gelegentlich der Durchgänge — welcher aus dem soeben angegebenen Grund wahrscheinlich einer Venusatmosphäre zuzuschreiben ist — den Werth der Zeitmessungen der inneren Berührung stark herabgedrückt hat und vielleicht auch die Messungen des Durchmessers zu beeinflussen vermag, so dürfte es doch aus verschiedenen Gründen interessant sein, zunächst die Theorie zum Wort kommen zu lassen.

I. Venusdurchmesser.

Im Folgenden knüpfe ich durchaus an meine Abhandlung „Beugungsbilder und deren Messung" (*diese Zeitschr. 16. S. 257. 1896*) an, auf welche ich mir auch deshalb zu verweisen erlaube, um nicht alles wiederholen zu müssen. Durch Beschränkung auf selbstleuchtende Flächen war es mir möglich, dieselbe zu einer „Theorie der Messung selbstleuchtender Kreisscheiben" zu erweitern. Für sehr grosse beugungstheoretische Abstände Z von der optischen Achse ist nämlich die Masse des einem Lichtpunkt in der Brennebene entsprechenden Lichtgebirges innerhalb des Radius Z in erster Annäherung durch die Formel $\mathfrak{M}(Z) = 1 - \frac{2}{\pi Z}$ gegeben, was schon **Struve** bekannt war; so vermochte ich die auf *S. 368* meiner Studie „Aplanatische und fehlerhafte Abbildung im Fernrohr" (*diese Zeitschr. 15. S. 362. 1895*) unter „Lichtmasse" gegebene Tabelle für $\mathfrak{M}(Z) = 1 - J_0^2 - J_1^2$ auf sehr grosse Werthe Z auszudehnen und somit auch (beugungstheoretisch gesprochen) sehr grosse Kreisscheiben zu behandeln. Die von **Struve** festgehaltene Ansicht, als ob auch bei Doppelbildmikrometern die durch vorwiegend physiologische Verhältnisse bestimmte „Linie der scheinbaren Begrenzung" eine Rolle spiele, habe ich schon auf *S. 117* meiner „Theorie des Fernrohrs" besprochen und widerlegt. Nachstehende Tabellen sind wiederum für die Wellenlänge $\lambda = 0{,}55\,\mu$ zu benutzen (**Struve** geht von $\lambda = 0{,}58\,\mu$ aus), und weichen von den früheren Festsetzungen nur insofern ab, dass gemäss einer etwas präziseren Fassung ein + Zeichen hinter einem Zahlenwerth künftig bedeuten soll, dass die Dezimalstellen 25 bis einschliesslich 74 folgen würden.

Tabelle I.

	P	$2^2\pi$		$4^2\pi$		$6^2\pi$	
	+		+	—	+	—	+
0	100	31	31	38 +	38 +	42	42
1	98 +						
4	77 +						
8	33 +	42 +	21	63 +	16 +	76	11
16	00	52	12 +	79 +	05	87 +	02 +
32	00 +	61 +	03	84	01 +	90	01
	$\mathfrak{M}$	$1-\mathfrak{M}$	$\mathfrak{M}$	$1-\mathfrak{M}$	$\mathfrak{M}$	$1-\mathfrak{M}$	$\mathfrak{M}$
0 %	295	030 *n*	030 *n*	045 *n*	015 *n*	030 *n*	030 *n*
5 %	330	025	000	010 *n*	020 *n*	005 *n*	010 *n*
10 %	345	075	020	020	000	020	010

$8^3 \pi$		$32^2 \pi$		$128^2 \pi$		*H E*	
—	+	-	+	—	+	—	+
43 +	43 +	48	48	49	49	50	50
50	37 +	73	23 +	94	05	75	25
68 +	20	93 +	04	98 +	01	94 +	05 +
84	07	96	01 +	99	00 +	97 +	02 +
90	02 +	97 +	00 +	99 +	00	98 +	01 +
91 +	00 +	98	00	99 +	00	99 +	00 +
1— 𝔐	𝔐	1— 𝔐	𝔐	1— 𝔐	𝔐	1— 𝔐	𝔐
020 *n*	020 *n*	010 *n*	010 *n*	005 *n*	C05 *n*	(0)	0
000	005 *n*	015	010	015	015	(020)	020
025	015	035	030	035	030	(040)	035

In dieser Tabelle, welche zum Theil mit der unter „Kreisscheiben" auf *S. 260* der oben erwähnten Abhandlung „Beugungsbilder und deren Messung" gegebenen übereinstimmt, sind nun der Reihe nach für Punkte, selbstleuchtende Kreisscheiben vom Radius $Z = 2$, 4, 6, 8, 32, 128 und selbstleuchtende Halbebenen zuerst die Intensitätswerthe der entsprechenden Beugungsbilder, sodann die mittels eines Doppelbildmikrometers sich ergebenden Messungsfehler zusammengestellt. Was erstere betrifft, so wurden der Radius und seine ihm an Grösse gleiche Fortsetzung, beide vom Kreisrand aus, in Gedanken in 32 gleich grosse Theile zerlegt und die den Theilpunkten 0, 1, 4, 8, 16, 32 entsprechenden Intensitätswerthe berechnet, wobei die innerhalb der Kreisscheibe resultirenden unter —, die ausserhalb der Kreisscheibe geltenden unter + verzeichnet sind. Unter diesen stehen letztere, und zwar unter 1 — 𝔐 die uns hier vorzüglich interessirenden für dunkle Scheiben auf hellem Grunde geltenden, unter 𝔐 die für helle Scheiben auf dunklem Grunde sich ergebenden Messungsfehler für 0% bezw. 5% und 10% Empfindlichkeitsgrenze des Auges, d. h. die wirklichen Abstände der geometrischen Bildränder bei scheinbarer Berührung der Beugungsbilder. Ein *n* hinter dem Zahlenwerth bedeutet, dass der Durchmesser der Kreisscheibe zu klein gefunden wird, bezeichnet also ein Uebereinandergreifen der geometrischen Bildränder. Unter einer Empfindlichkeitsgrenze von 5% ist ein Zustand des Auges zu verstehen, bei welchem dasselbe den Helligkeitsunterschied zweier benachbarter Flächen dann noch wahrnimmt, wenn dieser 5% von der Helligkeit der stärker leuchtenden beträgt; die Möglichkeit eines solchen Zustandes findet bei mittelstarken Helligkeitsgraden statt, für welche die subjektive Lichtstärke vorwiegend durch den Logarithmus der objektiven Lichtstärke bestimmt wird[1]). Bei beiden Arten von Zahlenwerthen ist wieder 100 als Einheit angenommen. Der Fehler bei den Intensitätswerthen ist kleiner als $\pm \frac{1}{4}$% bis vereinzelt $\frac{1}{2}$%, bei den Messungsfehlern kleiner als $\pm 2\frac{1}{2}$% bis 5%; die Intensitätswerthe für Punkte beziehen sich auf Werthe von Z, welche man mittels Division der Zahlen 0, 1, 4, 8, 16, 32 durch 4 erhält; bei dunklen Punkten auf selbstleuchtendem Grund haben alle anderen Empfindlichkeitsgrenzen ausser 0% keinen Sinn. Die Intensitätswerthe für Halbebenen beziehen sich auf Werthe von Z, welche gleich den Zahlen 0, 1, 4, 8, 16, 32 sind; die eingeklammerten Messungsfehler haben nur Sinn für ***sehr grosse*** dunkle Kreisscheiben auf ***unendlich grossem***, selbstleuchtenden Hintergrund. Bei den Messungsfehlern zeigt sich in beiden Fällen ein gesetzmässiger Gang von den Punkten angefangen durch alle möglichen Grössen von Kreisscheiben bis schliesslich zu den Halbebenen, womit die versprochene Theorie der Messung selbstleuchtender Kreisscheiben

[1]) Vgl. *S. 115* meiner „Theorie des Fernrohrs".

geliefert ist. Die beiden Intensitätskurven für $32^2\pi$ und $128^2\pi$ weisen so geringe Unterschiede auf, dass ich sie aus praktischen Gründen, unter Benutzung der von Struve für $50^2\pi$ berechneten Intensitätskurve, zu einer für Kreisscheiben vom Radius $Z = 64$ geltenden Idealkurve vereinigte, für welche ich die Messungsfehler noch etwas genauer zu bestimmen vermochte, nämlich zu etwa

	$1 - \mathfrak{M}$	$\mathfrak{M}$
0%	007 π	007 π
5%	014	012
10%	035	031 .

Eine grössere Genauigkeit in der Angabe der Messungsfehler überhaupt wäre zu erzielen durch Berechnung der Intensitätswerthe bis auf Tausendtel des vollen Werthes; dieselbe würde die Bearbeitung eines 5- bis 10-mal so grossen Zahlenmaterials bedingen. Im Uebrigen würde ich eine solche Genauigkeit für illusorisch erachten; denn wie will der Astronom die Möglichkeit haben, den jeweiligen Empfindlichkeitszustand des Auges auch nur auf einzelne Prozente genau zu bestimmen?

Eine Kreisscheibe vom beugungstheoretischen Radius $Z = 64$ für 75 *mm* Objektivdurchmesser hat einen Durchmesser von 61,63″; dies entspricht annähernd der scheinbaren Grösse der Venus vor der Sonnenscheibe, während die für die letzten beiden Durchgänge benutzten Heliometer der deutschen Expedition einen Objektivdurchmesser von 34‴ = 77 *mm* haben; hiermit ist die Beziehung zur Praxis hergestellt. Messungen des Venusdurchmessers bei Durchgängen mittels eines Doppelbildmikrometers sind der Theorie nach für die genauesten zu erachten. Wenn wir nun annehmen, dass die Empfindlichkeitsgrenze des Auges zwischen dem Normalwerth $3\frac{1}{2}\%$ für mittelstarke Helligkeitsgrade unter günstigsten Umständen und dem Doppelten desselben, 7%, schwanke, dann gewinnt der Messungsfehler jeder einzelnen Einstellung für dunkle Scheibe auf hellem Grunde einen Spielraum von $Z = 0{,}147$ entsprechend dem 871. Theil des Venusdurchmessers oder 0,071″ bei 75 *mm* Objektivdurchmesser. Die Angabe des Venusdurchmessers freilich bis auf Tausendtel Bogensekunde halte ich angesichts dieser Sachlage für ebenso illusorisch, wie eine dahin zielende Berechnung der Messungen nach der Methode der kleinsten Quadrate für überflüssig. So grosse persönliche Gleichungen hinwiederum, wie sie nach Auwers bei einigen heliometrischen Beobachtungsreihen für den Sonnendurchmesser gelegentlich des letzten Venusdurchgangs auftraten, welche 0,8″ ja 1″ erreichen, sind theoretisch schwer begreiflich, es müsste denn sein, dass in Folge zu geringer Abschwächung des Sonnenlichts ein Ermüdungszustand der Netzhaut vorlag, für welchen allmählich das für sehr starke Helligkeitsgrade geltende Gesetz eintrat, wonach die subjektive Lichtstärke konstant, d. h. von der objektiven Lichtstärke unabhängig ist. Für Doppelsterne 6. Grösse wenigstens herrscht, der normalen Empfindlichkeitsgrenze $3\frac{1}{2}\%$ entsprechend, schönste Uebereinstimmung zwischen Theorie und Praxis. Indess, die Herstellung sowie die Bestimmung der richtigen Empfindlichkeitsgrenze ist eigentlich Sache des praktischen Astronomen; vom Standpunkt des theoretischen Physikers aus halte ich diese Frage für erledigt, insofern als alle für eine etwaige Berechnung nothwendigen Angaben in Vorstehendem enthalten sind.

II. Venusdurchgang.

Indem ich mich nun zum Problem des Venusdurchganges wende, muss ich einige Erläuterungen vorausschicken. Wenn die Lichtstärke in einem Punkt der Zentrallinie des geometrisch-optischen Bildes bestimmt werden soll, welcher in beu-

gungstheoretischem Maasse vom geometrischen Sonnenrand bezw. Venusrand den Abstand S bezw. V hat, dann findet man dieselbe aus der Formel $\mathfrak{M}(S) - \mathfrak{M}(V)$, wobei $\mathfrak{M}(S)$ der der Zahl S entsprechende Intensitätswerth für Halbebenen unter — bezw. $\mathfrak{M}(V)$ der der Zahl V entsprechende Intensitätswerth für die oben charakterisirte Idealkurve unter + ist, vorausgesetzt, dass der betrachtete Punkt innerhalb der Sonnenscheibe bezw. ausserhalb der Venusscheibe liegt. Auf diese Weise wurden die in nachstehenden Tabellen verzeichneten Zahlenwerthe gewonnen.

Tabelle II.

S	$\mathfrak{M}$	S	$\mathfrak{M}$	S	$\mathfrak{M}$
0	50	0	49	0	48
1	75	1	74	1	73
2	89 +	2	88 +	2	87
4	94 +	4	93 +	4	90
8	97	8	95 +	6	87
16	97 +	12	94	7	73
24	97	14	89	8	49
28	95	15	74 +		
30	90	16	50	0	45 +
31	75 +			1	69 +
32	51	0	40 +	2	80
		1	51	3	69 +
0	01 +	2	41	4	46

Tabelle III.

Z	$\mathfrak{M}$	Z	$\mathfrak{M}$	Z	$\mathfrak{M}$
0	01 +	2	51	4	80
2	06 +	2	55	8	90
4	12 +	4	58	16	95 +
6	17 +	6	62	32	97 +
8	22 +	8	65		
1	27 +	3	68		
2	32 +	2	71		
4	37 +	4	73		
6	42	6	76		
8	46	8	78		

Zunächst wird uns die Frage interessiren, ob die Lichtvertheilung zur gegenseitigen Lage der geometrischen Ränder von Sonne und Venus etwa symmetrisch sei. Wir erkennen eine angenäherte Symmetrie aus vorstehender Tabelle, in welcher zur Ergänzung der von Struve ausgeführten Berechnungen die Lichtvertheilung längs der Zentrallinie für einige Fälle gegeben ist, und zwar für die Abstände $Z = S + V =$ 0, 2, 4, 8, 16, 32 zwischen den geometrischen Rändern von Sonne und Venus. Zum Eingehen in die Tabelle schien mir die Zahl S genügend; die Zahl V bildet natürlich ihre sinngemässe Ergänzung. Struve fand das allgemeine Resultat, dass die Kurven gleicher Helligkeit einer Schaar zur Zentrallinie symmetrisch gelegener Hyperbeln gleichen, welche immer flacher werdend in dieselbe übergehen. Wir erkennen aus unserer Tabelle in Uebereinstimmung mit der von Vogel beim Venusdurchgang 1882 gemachten Wahrnehmung[1]), dass strenggenommen die Dunkelheit am Sonnenrand etwas stärker und deshalb auch etwas weiter um sich greifend ist als am Venusrand. Ueber die Lichtkurve selbst ist zu sagen, dass sie von den geometrischen Rändern von Sonne und Venus an sehr steil emporsteigt, um längs des grössten Theiles des Zwischenraumes zu den Niveaulinien fast parallel zu laufen.

Ungleich wichtiger alsdann ist die Frage, wie die Maximallichtstärke in der Mitte des Abstandes zwischen den geometrischen Rändern von Sonne und Venus eben mit diesem Abstand selbst sich ändert, insbesondere wann das dunkle Band zwischen Sonnenrand und Venusrand zu „zerreissen" beginnt. Struve hält hier die absolute Lichtstärke des dunklen Bandes bezw. die Grenze seiner Sichtbarkeit für maassgebend, worin ich ihm nicht folgen kann. Wir erkennen aus unserer Tabelle, dass das Zerreissen des dunklen Bandes im Moment der geometrischen inneren Berührung beginnt. Denn der steilste Anstieg der Lichtkurve beginnt ersichtlich in dem Moment, wo der Abstand zwischen den geometrischen Rändern von Sonne und Venus $Z = 0$

[1]) Vgl. S. 94 meiner „Theorie des Fernrohrs".

ist. Dieses steile Ansteigen der Lichtkurve reicht etwa bis $Z = 4$; es handelt sich beim „Zerreissen des dunklen Bandes" also um keinen Momentvorgang, sondern um eine Dauererscheinung. Die *geozentrische* Zeitdifferenz zwischen äusserer und innerer Berührung betrug $20^m 17^s,5$ für 1882. Wenn also der Durchmesser der Venusscheibe $Z = 128$ für 75 *mm* Objektivdurchmesser einem Zeitintervall von $1217^s,5$ entspricht, dann gehört zu einem Zwischenraum $Z = 4$ ein Zeitunterschied von etwa 38^s. Die Zeitbestimmung der inneren Berührung auf Grund des „Zerreissens des dunklen Bandes" erscheint also schon aus diesem Grunde als nicht besonders geeignet, um als Fundament für die Feststellung einer so wichtigen Grösse wie die Sonnenparallaxe zu dienen.

Anhang.

Im Vorstehenden glaube ich meiner Auffassung entsprechend vom Standpunkt der Beugungstheorie aus mein Scherflein zur Erledigung dieser berühmten Probleme beigetragen zu haben. Der Umstand, dass vorstehende Berechnungen für monochromatisches Licht von der Wellenlänge $\lambda = 0,55\,\mu$ Geltung beanspruchen, möge noch kurz besprochen werden; denn eigentlich wären sämmtliche Wellenlängen des Sonnenspektrums in Rechnung zu ziehen, und es könnte fraglich erscheinen, ob diese Vereinfachung zu einem allgemein gültigen Resultat führe. Allein, wenn man bedenkt, einerseits dass die Wellenlänge $\lambda = 0,55\,\mu$ der hellsten Spektralstelle entspricht, andrerseits dass die rothe und die blaue Seite des Spektrums entgegengesetzte Wirkungen ausüben, die einander in erster Annäherung aufheben, dann erscheint es als berechtigt, sich bei Berechnungen dieser Art auf die genannte Wellenlänge zu beschränken.

Auch meine Berechnungen über chromatische Aberration[1]) wurden unter einer bestimmten Vernachlässigung ausgeführt; indem ich nämlich nur auf den ausschlaggebenden Reduktionsfaktor φ Rücksicht nahm, unterdrückte ich durchaus den von mir auf *S. 28* meiner „Theorie des Fernrohrs" eingeführten „Lichtverdichtungsfaktor" $\left(\frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{\lambda p}\right)^2$, indem ich denselben konstant $= 1$ setzte. Die Annahme jedoch, dass im Brennpunkt, d. h. im Mittelpunkt des einem selbstleuchtenden Punkt entsprechenden Beugungsscheibchens, sämmtliche homogene Farben in demselben Stärkeverhältniss vertreten sind wie in der Lichtquelle selbst, ist streng genommen nicht zulässig; vielmehr überwiegt im Brennpunkt selbst die blaue, in den umgebenden Beugungsringen die rothe Seite des Spektrums. Um dem sonach möglichen Einwand zu begegnen, als könnten die von mir ermittelten Resultate infolgedessen wesentlich modifizirt oder wohl gar unrichtig werden, habe ich mich der Mühe unterzogen, sämmtliche Zahlenwerthe unter Berücksichtigung des Lichtverdichtungsfaktors umzurechnen. Die Abweichungen fanden sich nun durchschnittlich kleiner als $\pm 0,5\,\%$ bezw. in vereinzelten nicht ausschlaggebenden Fällen bis zu $2,5\,\%$ (in der in den genannten Studien angenommenen Bezeichnung); die von mir gezogenen Schlüsse erweisen sich als durchaus bestätigt und somit die besprochene Vereinfachung meiner Berechnungen als keineswegs unberechtigt.

Indess zeigte sich im Wesen der Sache selbst ein neuer Gesichtspunkt. Während nämlich die Helligkeitskurve für das Normalspektrum und die aus ihr mittels Division durch λ^2 sich ergebende Reduktionskurve ihrer relativen Form nach, falls man die Maximalordinate bei beiden der Einheit 100 gleichsetzt, nur stellenweise und auch

---

[1]) „Ueber den Einfluss der chromatischen Korrektion auf die Lichtstärke und Definition der Bilder" bezw. „Ueber die Farbenabweichung der Fernrohrobjektive und des Auges" bezw. „Instrumentalaberrationen und astronomische Beugung des Lichts". *Diese Zeitschr.* **17.** *S. 50, 77, 301. 1897.*

hier nicht sehr grosse, überdies auf der rothen und der blauen Seite des Spektrums entgegengesetzte Abweichungen zeigen, ergiebt sich dagegen in der absoluten Lage ihrer Scheitel eine merkliche Verschiedenheit. Wenn der Scheitel der Helligkeitskurve in $\lambda = 0{,}55\ \mu$ fällt, dann liegt der Scheitel der Reduktionskurve bei $\lambda = 0{,}54\ \mu$. In obiger Umrechnung habe ich in Gedanken beide Kurven soweit verschoben, dass der Scheitel der letzteren an die Stelle des Scheitels der ersteren trat. Hier entsteht nun die Frage, ob es sich empfiehlt, soweit sich dies überhaupt bewerkstelligen lässt, den Scheitel oder Wendepunkt der Farbenkurve mit dem Scheitel der Helligkeitskurve oder mit dem Scheitel der Reduktionskurve zusammenzulegen. Ich lasse es dahingestellt sein, ob die Erörterung so diffiziler Fragen noch praktischen Werth hat; auf jeden Fall wird man gut daran thun, den Scheitel oder Wendepunkt der Farbenkurve eher auf die blaue als auf die rothe Seite der als richtig erkannten wirksamsten Spektralstelle fallen zu lassen.

Man wird bemerken, dass es mir bei meinen Studien über chromatische Aberration nicht sowohl um den Charakter der Mischfarbe des den Rand von Lichtscheiben umgebenden sogenannten „sekundären Spektrums" als vielmehr um möglichste Steigerung der Helligkeit und Definition in der Bildmitte, als der für Beobachtungen und Messungen allein maassgebenden Momente, zu thun war.

Hülfseinrichtung für die Erzeugung eines konstant temperirten Warmwasserstromes.

Von

Dr. C. Pulfrich in Jena.

Die nachstehend beschriebene Hülfseinrichtung ist in erster Linie für die von der Firma Zeiss hergestellten und mit Erwärmungsvorrichtung versehenen Refraktometer bestimmt. Es kommen hierfür zunächst in Betracht die früher in dieser Zeitschrift beschriebene Neukonstruktion meines Refraktometers[1]) sowie einige neue Formen des Abbe'schen Refraktometers, über welche demnächst näher berichtet werden soll. Die Vorrichtung hat sich für die Zwecke des Refraktometers durchaus bewährt und dürfte voraussichtlich auch für mancherlei andere Zwecke (z. B. für die gleichmässige Erwärmung von Präparaten unter dem Mikroskop) nützliche Verwendung finden.

Für die Zwecke des Refraktometers mussten relativ sehr hohe Anforderungen an die Konstanz der Temperatur des Warmwasserstromes gestellt werden. Denn bei dem enormen Einfluss der Temperatur auf die Lichtbrechung von Flüssigkeiten genügt schon ein sehr geringer Bruchtheil eines Grades Temperaturdifferenz, um den Brechungsindex der Flüssigkeit um einige Einheiten der 5. Dezimale von n zu verändern. Was insbesondere das zuerst erwähnte Refraktometer anbetrifft, so müssen, wenn die mit dem Apparat erreichbare Genauigkeit erzielt werden soll, nicht allein alle Temperaturdifferenzen innerhalb der Flüssigkeit, sondern auch jeder Temperaturunterschied zwischen Prisma und Flüssigkeit vermieden werden, da ein solcher auch nach wiederholtem Umrühren der Flüssigkeit immer wieder zu neuen Temperaturstörungen innerhalb der Flüssigkeit (Schichtenbildung oder Strömungen) Veranlassung giebt[2]).

---

[1]) *Diese Zeitschr.* **15.** *S. 389. 1895.*

[2]) Des Näheren vgl. hierüber die vor kurzem erschienene *Gebrauchsanweisung für das Refraktometer nach Pulfrich (Neukonstruktion)*, ausgegeben von der Firma Zeiss, Jena 1897.

Am besten wird den Anforderungen der Methode durch Benutzung eines Dampfstromes entsprochen werden können und in der That erzielt man mittels eines Wasserdampfstromes z. B. ebenso gute Grenzkurven wie bei Zimmertemperatur. Der Wasserstrom ist aber bequemer im Gebrauch und gestattet auch eine viel grössere Variation der Versuchstemperatur. Aus diesem Grunde wird man in der Mehrzahl der Fälle dem Warmwasserstrom, sofern derselbe nur einigermaassen den Anforderungen der Methode entspricht, den Vorzug geben.

Die von mir für diese Zwecke gewählte Versuchsanordnung (siehe Figur 1 und 2) beruht auf folgenden Ueberlegungen. In der Wasserleitung haben wir sowohl die Kraft für die dauernde Fortbewegung des Wasserstromes als auch eine unbegrenzte Wassermenge, deren Temperatur praktisch so gut als konstant anzusehen ist, in bequemster Weise zur Verfügung. Die Druckschwankungen innerhalb der Leitung lassen sich durch Einschalten eines Wasserdruck-Regulators beseitigen, sodass dem Wasserstrom auch eine vollkommen gleichmässige Geschwindigkeit ertheilt werden kann. Wird dieser Wasserstrom auf einer gegebenen, möglichst grossen Länge des Weges durch eine konstante Wärmequelle erwärmt und ist die Temperatur des Beobachtungsraumes keinen allzugrossen Aenderungen unterworfen, so ist damit die konstante höhere Temperatur von selbst gegeben.

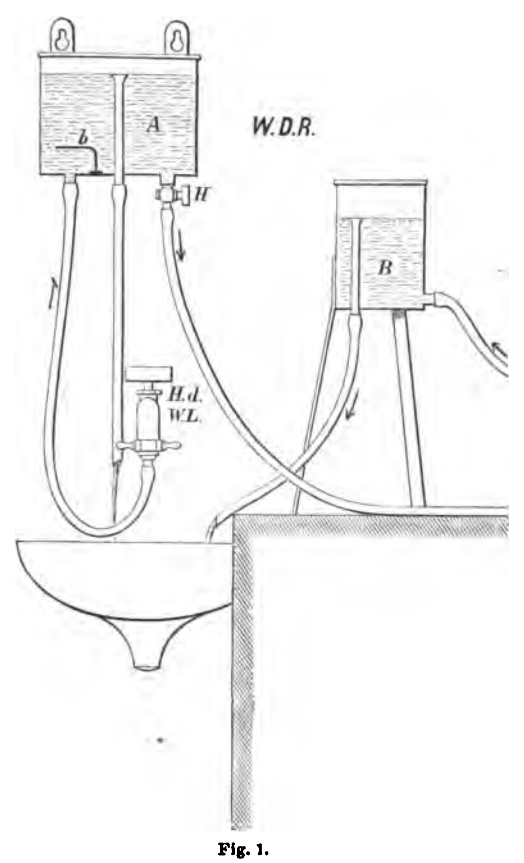


Fig. 1.

Die ganze Einrichtung setzt sich demnach zusammen aus einem *Wasserdruckregulator* (*W.D.R.* in Figur 1) und einer *Heizspirale* (*H.S.* in Figur 2). Das Gefäss *A* wird an der Wand oberhalb des Wasserbeckens befestigt und zum Heben und Senken eingerichtet. Das andere Gefäss *B* kommt neben das Refraktometer zu stehen. Die Verbindung der einzelnen Apparate untereinander und mit dem Hahn der Wasserleitung (*H. d. W. L.*) geschieht durch Gummischläuche. Für die Geschwindigkeit des durch Pfeile in seiner Richtung gekennzeichneten Wasserstromes sind allein der Höhenunterschied der beiden Niveauflächen in *A* und *B* und die Stellung des Hahnes *H* maassgebend. Der Hahn der Wasserleitung wird nach Regulirung der Stromgeschwindigkeit nur so weit geöffnet, dass durch den mittleren, in obiger Figur frei herabhängenden Gummischlauch des Gefässes *A* nur ein schwacher Abfluss stattfindet.

Die *Heizspirale* läuft im Wesentlichen auf die (von Herrn Prof. van Aubel vorgeschlagene) Benutzung eines langen, gleichmässig erwärmten Kupferrohres hinaus. Die etwa $3^1/_2$ *m* lange Spirale ist in dem Zwischenraum zwischen zwei geraden Metallrohren untergebracht. Die Erwärmung kann durch eine Gas-, Spiritus- oder Petroleumflamme bewirkt werden. Durch den Boden des inneren Rohres werden die Flammengase der Kupferspirale gleichmässig zugeführt. Das obere Ende des Apparates trägt ein

grobes Drahtsieb. Auf dasselbe können Untersuchungsobjekte zum Vorwärmen oder Schmelzen gestellt werden.

Damit die in der Heizspirale sich entwickelnden Luftblasen sofort nach ihrem Entstehen durch den Wasserstrom fortgeführt werden, hat man die Heizspirale *tiefer* zu stellen als das Refraktometer und das Wasser immer von unten nach oben durch die Spirale laufen zu lassen.

Die Regulirung des Gasdruckes kann in bekannter Weise durch Gasdruckregulatoren, wie sie für photometrische Zwecke benutzt werden[1]), geschehen. Doch ist ein solcher Gasdruckregulator bei weitem nicht in dem Maasse zur Erzielung einer konstanten Temperatur des Wasserstromes erforderlich, als es mit dem Wasserdruckregulator der Fall ist. Selbst das Oeffnen eines unmittelbar benachbarten Hahnes

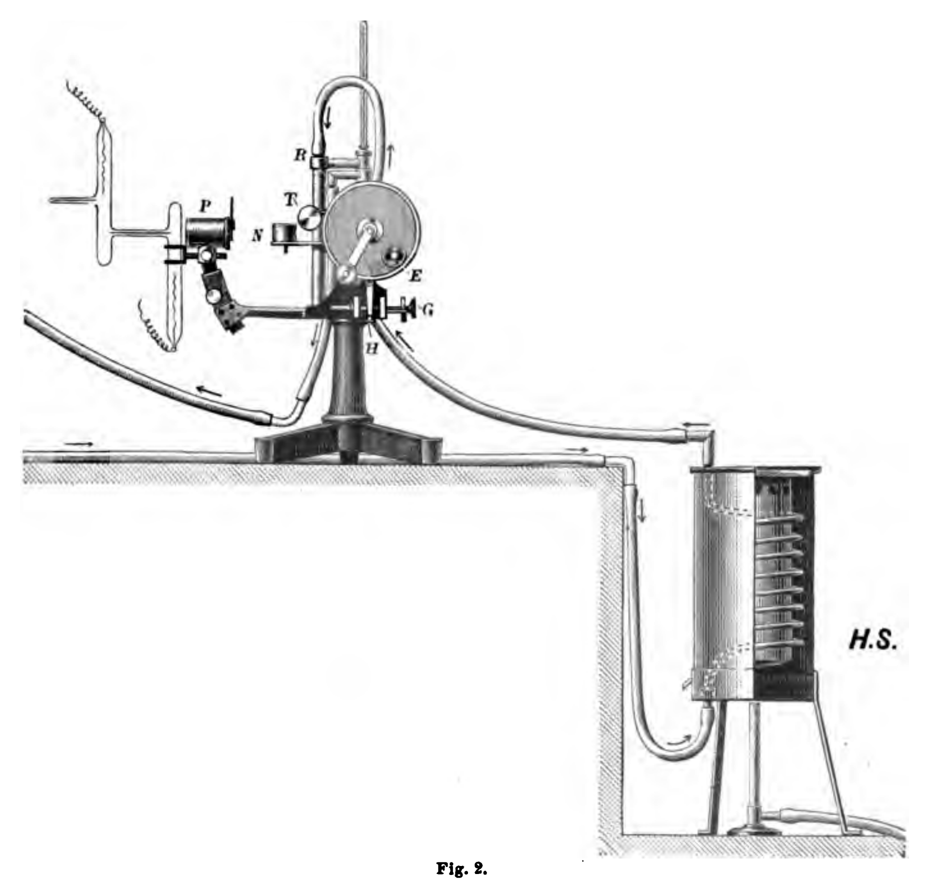


Fig. 2.

der Gasleitung ist ohne merklichen Einfluss auf die Temperatur des Wasserstromes. *Die Temperaturschwankungen betragen für die Dauer von einer Stunde oft kaum mehr als 1 bis 2 Zehntel Grad.* Grössere Druckschwankungen, z. B. solche bei eintretender Dunkelheit oder bei Anfang und Schluss der Arbeitszeit in einem grösseren Fabrikbetrieb, machen sich jedoch in unliebsamer Weise bemerkbar, sodass in solchen Fällen der Gasregulator nicht wohl entbehrt werden kann.

Die Anwendbarkeit der Heizspirale erstreckt sich auf Temperaturen von der Wasserleitungstemperatur an aufwärts bis etwa 75° C. Es empfiehlt sich im Allgemeinen, den Wasserstrom nicht zu langsam laufen zu lassen, die Einstellung auf eine

[1]) Siehe Ostwald, Handbuch für physiko-chemische Messungen, Leipzig 1893, S. 228.

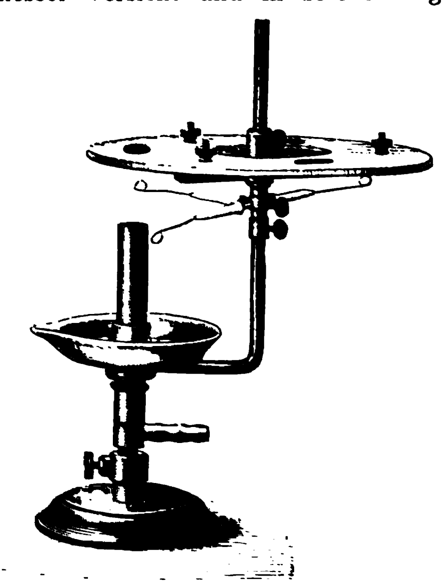
bestimmte vorgeschriebene Temperatur in erster Annäherung durch die Flammengrösse und die Feineinstellung durch Höher- oder- Tieferhängen des Gefässes *A* zu bewerkstelligen. Werden zwei Heizspiralen benutzt, so sind dieselben *nebeneinander*, nicht hintereinander anzuordnen.

Jena, Dezember 1897.

Ueber einen Natriumbrenner für Laboratoriumszwecke.

Von
Dr. **C. Pulfrich** in Jena.

Dem Brenner ist ein von Herrn Prof. Reed überkommenes Verfahren zu Grunde gelegt worden, welches darin besteht, dass man einen genügend breiten und einige Millimeter dicken Streifen von Asbestpappe mit einem Loch von etwa 1 *cm* Durchmesser versieht und in solcher Lage über dem Bunsenbrenner befestigt, dass der Flammenkegel gerade in das Loch hineinpasst. Die Einführung des Salzes geschieht hierbei in der Weise, dass um das Loch herum in reichlichen Mengen das betreffende Salz (am besten Natriumnitrat, weil dieses Salz sehr leicht schmilzt, ohne zu dekrepitiren, oder Bromnatrium[1]), wegen der dadurch erzielten besonders hohen Lichtintensität) angehäuft wird. Die Anordnung hat, abgesehen von der Bequemlichkeit der Handhabung, den Vorzug, dass die Leuchtkraft der Flamme sehr lange anhält, dass die Einführung des Salzes in die Flamme ringsum von allen Seiten stattfindet und dass man im Stande ist, der Flamme durch Modifikation der Form der Oeffnung in der Asbestscheibe eine für manche Zwecke sehr erwünschte Breite zu geben.



Ein für diese Art der Verwendung eingerichteter Bunsenbrenner ist in Fig. 1 abgebildet. Derselbe ist nach meinen Angaben von der Firma C. Desaga in Heidelberg angefertigt. Er besitzt ausser der bekannten Einrichtung des Brenners eine von drei Armen getragene ringförmige Asbestscheibe mit drei entsprechend angeordneten, runden und elliptischen Oeffnungen. Die Scheibe ist um den vertikalen Stab drehbar und festklemmbar. Träger und Scheibe können leicht vom Brenner heruntergenommen und der letztere in der gewöhnlichen Weise mit Platindraht benutzt werden.

Der Preis für den mit einer Reservescheibe ausgerüsteten Brenner beträgt 16,50 M.

Jena, Dezember 1897.

[1]) Vgl. E. Fleischl v. Marxow, *Wied. Ann.* **38**. S. 675. *1889.*

Referate.

Ueber die Registrirung der Sonnenstrahlung.

Von A. Crova. *Compt. rend.* **125.** *S. 804. 1897.*

Ueber den von Herrn Crova konstruirten selbstregistrirenden Apparat zur kontinuirlichen Messung der Wärme der Sonnenstrahlen ist in dieser Zeitschrift schon mehrfach berichtet worden. Das Instrument hatte die Vorzüge eines zuverlässigen, sehr empfindlichen Aktinographen, war aber langwierig zu installiren, dabei schwer transportabel und daher gewöhnlich nur als Standinstrument an stabilen Observatorien zu verwenden. Hr. Crova stellte sich nun die Aufgabe, seinen Apparat in der Weise abzuändern, dass er leicht und rasch zu installiren war und deshalb namentlich auch an Bergstationen in den grössten Höhen benutzt werden konnte, ohne dass seiner Präzision und Empfindlichkeit dabei irgend wie Abbruch gethan wurde.

Wie der frühere Apparat, so ist auch der neue Aktinograph zusammengesetzt aus einem aktinometrischen Thermoelement, parallaktisch montirt, und einem Registrirmechanismus für die Aufzeichnung der Stromstärke.

Ein aperiodisches Galvanometer, dessen beweglicher Rahmen mit einer Aluminiumnadel und Richard'scher Feder versehen ist, registrirt auf einem sich drehenden Zylinder die Aenderungen der Stromstärke des Aktinometers, und zwar nicht in einer durchgehend kontinuirlichen Kurve, sondern mittels Punktmarkirung, die sich von Minute zu Minute wiederholt. Die Dämpfung des Galvanometers ist derart regulirt, dass der Rahmen ohne jede merkliche Verzögerung den zu messenden täglichen Schwankungen der Sonnenstrahlung sofort gehorcht.

Ein Uhrwerk, neben der Registrirtrommel angebracht, trägt auf der Sekundenachse einen Exzenter, welcher einem leichten Stäbchen eine alternirend auf- und niedergehende Bewegung ertheilt, wobei ein Gegengewicht nach Belieben die Schnelligkeit des Falles zu reguliren gestattet; während des letzteren drückt ein feiner, horizontal gespannter Metallfaden die Federspitze des Registrirstiftes auf einen Moment in das Papier der rotirenden Trommel. Der ganze Apparat ist solide in einem leichten, mit Glasscheibe versehenen Kasten montirt, sodass jeder Zeit die Spur der Registrirkurve verfolgt werden kann. Beim Transport fixirt eine passend angebrachte Arretirung den beweglichen Rahmen des Galvanometers, die Nadel und den Zylinder.

Der neue Aktinograph wurde, nachdem er bereits in Montpellier funktionirt hatte, durch Prof. Hansky (vom Observatorium zu Meudon) letzten Herbst an verschiedenen Stationen des Mont-Blanc installirt und zuletzt auch auf dem Janssen'schen Gipfelobservatorium (Ende September) zur Bestimmung der täglichen Variationen der Sonnenstrahlung verwendet. Er ertrug ohne jegliche Störung alle Transporte und brauchte zur Ingangsetzung nur wenige Minuten.

Bei offenem Stromkreis zeichnet der Apparat vollkommen gerade Linien; bei geschlossener Stromleitung und ungleichen Temperaturen der beiden Löthstellen des eingeschalteten Thermoelementes giebt er Abkühlungskurven von ausserordentlicher Regelmässigkeit; dabei differirt das Verhältniss der Ordinaten, verglichen mit demjenigen der Temperaturdifferenzen der Löthstellen, höchstens um 0,005 der zu messenden Grösse. Das magnetische Feld ist konstant in der ganzen Ausdehnung des Winkels von 30°, um welchen der Galvanometerrahmen sich bewegen kann; besondere Tafeln gestatten die Transformation der rechtwinkligen Ordinaten der Kurve in Kreiskoordinaten, zugehörig zu einem Radius von 15 *cm*.

Die aktinometrische Säule ist so zusammengestellt, dass sie einen hinlänglich intensiven Strom ergiebt und trotzdem einen geringen Wasserwerth besitzt. Es ist ferner nothwendig, dass die thermometrische Differenz der beiden Seiten der Säule nicht mehr wie 2° bis 3° beträgt, da nur unter dieser Bedingung das Newton'sche Abkühlungsgesetz anwendbar bleibt. Ein Band von sieben Eisen-Konstantan-Elementen ist auf einem sehr leichten Rahmen derart aufgewickelt, dass die Luft darin nach allen Seiten frei zirkuliren kann und an

den Berührungspunkten Lokalisationen von Wärme vermieden werden; zwischen den beiden Grundflächen ist ein Doppelschirm aus sehr dünnem Aluminium eingeschaltet. Die aktinometrische Säule ist in das schon bei der früheren Beschreibung des Crova'schen Aktinographen erwähnte parallaktisch montirte Metallrohr eingeschlossen, welches zudem mit einer Kammer paralleler Diaphragmen versehen ist, die dazu dienen, Luftströmungen von letzterer abzuhalten.

Man regulirt die Empfindlichkeit des Apparates mit Hülfe eines variablen Spaltes, der, von zwei dünnen Lamellen aus Aluminium gebildet, rechtwinklig zu den Elementen gestellt ist und zwar gerade im Mittelpunkt der Löthstellen, unmittelbar hinter dem letzten Diaphragma selbst. Diese Regulirung ist wichtig, denn je nach der Höhenlage schwankt das Intensitätsmaximum der Sonnenstrahlung von 1,6 Kalorien in der Tiefe bis 2,0 Kalorien auf dem Gipfel des Mont-Blanc (in 4800 *m* über Meer); es ist daher vortheilhaft, dass die maximalen Ordinaten der Kurve so gross als möglich sind, ohne die Dimensionen des Blattes zu überschreiten. Die beiden Apparate sind untergebracht in zwei leicht transportablen Kästen; derjenige des Registrirapparates wiegt nur 6,5 *kg* und der das Aktinometer enthaltende ist noch leichter. Ein gut isolirtes Doppelkabel dient zur Kommunikation zwischen der parallaktisch montirten aktinometrischen Säule und dem im Schatten aufgestellten Registrirapparat.

Von Zeit zu Zeit ist es nothwendig, die Konstanten des Apparates zu bestimmen; bei dem vorliegenden war die elektromotorische Kraft eines Elementes 63,4 *Mikrovolt* für einen Grad Temperaturdifferenz zweier Löthstellen. Der Widerstand des Galvanometers ist 50,4 *Ohm* derjenige des Stromkreises und der Säule zusammen 2,7 *Ohm*; ein Galvanometerausschlag von 1° entspricht 1,6 *Mikroampère*, sodass 2,2° Temperaturdifferenz der beiden Flächen der Säule einen Ausschlag von 30 Bogengraden, beziehungsweise eine Maximalordinate von 80 *mm* ergaben.

Nach zahlreichen Versuchen wurde dieser neue, transportable Aktinograph von Hrn. Hansky, wie schon erwähnt, an verschiedenen Punkten des Mont-Blanc-Massivs in Thätigkeit gesetzt. Ueber die erhaltenen Resultate der mit dem Instrumente dort angestellten aktinometrischen Beobachtungen giebt eine weitere Note der Herren Crova und Hansky *a. a. O.* ***125.*** *S. 917. 1897* eingehendere Auskunft. Wir heben daraus an dieser Stelle nur hervor, dass aus den (am 29. u. 30. September 1897) auf dem Gipfel des Mont-Blanc, unter wenig günstigen atmosphärischen Umständen gewonnenen Kurven ein Werth der Solarkonstanten von 3,4 Kalorien im Mittel erhalten wurde, und die genannten Beobachter sind der Ansicht, dass bei tiefblauem Himmel, sehr starker Polarisation und niedriger Temperatur für die letztere Konstante zum mindesten ein Werth von 4 Kalorien resultiren dürfte.

J. M.

Verbesserungen an einem Bourdon'schen Anemographen.

Von R. Mailhat. *Compt. rend.* ***125.*** *S. 830. 1897.*

Das Bourdon'sche Anemometer beruht auf der Saugwirkung des Windes an einer engen Röhre; es ist kurz beschrieben in *Compt. rend.* ***94.*** *S. 229. 1882* (vgl. auch *diese Zeitschr.* ***2.*** *S. 153. 1882*) und mit näherer Angabe der mechanischen Ausführung im *Annuaire Météor. de France* ***30.*** *S. 122. 1882.*

Abgesehen davon, dass die Flügel der Windfahne, an welcher die Saugröhre angebracht ist, um ein Drittel vergrössert worden sind, beziehen sich die Verbesserungen des Verf. ausschliesslich auf die Registrir-Vorrichtung. Die Genauigkeit der Zeitangaben ist durch Hinzufügung einer Uhr, welche jede Viertelstunde eine Zeitmarke macht, verbessert, ferner können je nach der Stärke des Windes der Rotation des Registrirzylinders verschiedene Geschwindigkeiten gegeben werden, nämlich 0,04 *m*, 0,12 *m* oder 3,60 *m* in der Stunde. Der Zylinder steht vertikal (früher horizontal), und die Wirkung der Schreibfeder, welche durch einen Heber gefüllt wird, ist eine gleichmässige, indem der Heber mit einem Docht versehen ist, der nur eine geringe Quantität Tinte aufnimmt.

Der Apparat ist im Observatorium von San Felice de Guixols (Spanien) aufgestellt und arbeitet dort zur Zufriedenheit. *Sg.*

Ein Apparat zur Bestimmung der von Luftschiffen erreichten Höhe.

Von L. Cailletet. *Compt. Rend.* ***125.*** *S. 587. 1897.*

Der beschriebene Apparat ist nichts anderes als eine photographische Kammer, welche durch geeignete Gelenke stets in solcher Lage unterhalb des Ballons gehalten wird, dass ihre optische Achse genau vertikal gerichtet ist. Die photographische Kammer tritt nach Bedarf automatisch in Wirksamkeit und entwirft auf einem lichtempfindlichen Papier, das durch ein Uhrwerk voran bewegt wird, in der Grösse 13 × 18 *cm* ein Bild der unter dem Ballon gelegenen Gegend. Kennt man die Brennweite des photographischen Objektivs, ferner die Entfernung zweier photographierter Punkte auf dem Erdboden und auf dem Bilde, so lässt sich in einfacher Weise die Höhe des Ballons berechnen. Die erreichbare Genauigkeit schätzt der Verfasser auf $^1/_{500}$.

Zu gleicher Zeit mit der unter dem Ballon liegenden Gegend wird auch der Stand eines Aneroïdbarometers unterhalb des Ballons photographisch fixirt. Man wird daher im Stande sein, auch die Methode der barometrischen Höhenmessung bis auf die gleiche Genauigkeit von $^1/_{500}$ zu kontroliren. *Schl.*

Bestimmung der Temperatur der Luft an einem Thermometer, das sich nicht im Gleichgewicht befindet.

Von Ch. Dufour. *Meteorol. Zeitschr.* ***14.*** *S. 276. 1897*; H. Hergesell. *Ebenda S. 126 u. 433.*

Im Anschluss an die Abhandlung von J. Hartmann „Ueber einen Satz der Thermometrie" (*diese Zeitschr.* ***17.*** *S. 14. 1897*) richtet Dufour an die Redaktion der Meteorologischen Zeitschrift ein Schreiben, in welchem er auf seine eigenen Untersuchungen[1]) aus dem Jahre 1864 zur Bestimmung der Lufttemperatur aus den Angaben eines nicht im Gleichgewicht befindlichen Thermometers hinweist. Die von ihm benutzte Methode gründet sich auf folgendes algebraisches Theorem:

Wenn man in einer geometrischen Progression drei Glieder in gleichen Abständen herausgreift, die zwei ersten Differenzen derselben mit einander multiplizirt und das erhaltene Produkt durch die zweite Differenz dividirt, so erhält man den Zwischenwerth.

Zum Zwecke der Anwendung dieses Satzes ist darauf hinzuweisen, dass zwar die direkten Angaben eines Thermometers in gleichen Intervallen keine geometrische Reihe bilden, wohl aber ihr Unterschied gegen eine feste, d. h. die wahre Temperatur des umgebenden Raumes. Die auf einander folgenden Differenzen sind indessen die gleichen. — Als Beispiel wählt der Verfasser ein sich abkühlendes Thermometer, welches 3 Minuten nach Beginn der Abkühlung 13,8°, nach 5 Minuten 11,6° und nach 7 Minuten 10,0° zeigt. Alsdann bilden, wenn x die wahre Temperatur des kalten Bades bedeutet,

$$13{,}8^0 - x \qquad 11{,}6^0 - x \qquad 10{,}0^0 - x$$

eine geometrische Reihe, und es ist nach obigem Theorem, da die ersten Differenzen 2,2 und 1,6, die zweite Differenz 0,6 ist, das mittlere Glied dieser geometrischen Reihe

$$\frac{2{,}2 \times 1{,}6}{0{,}6} = 5{,}9.$$

Es besteht somit die Gleichung

$$11{,}6^0 - x = 5{,}9^0 \text{ oder } x = 5{,}7^0.$$

Bezeichnen a und b die ersten Differenzen dreier äquidistanter Thermometerablesungen, so ergiebt sich in gleicher Weise das erste und dritte Glied der geometrischen Reihe zu

$$\frac{a^2}{a-b} \text{ bezw. } \frac{b^2}{a-b}.$$

Der Verfasser hat diese Sätze an den Beobachtungen Hartmann's geprüft und bestätigt gefunden.

---

[1]) *Extrait du bulletin de la soc. Vaud des sc. natur. Nr. 52.*

Auch H. Hergesell beschäftigt sich in seiner Diskussion der Ergebnisse der ersten internationalen Ballonfahrt in der Nacht vom 13. zum 14. November 1896 und später in einer besonderen Mittheilung mit der gleichen Frage nach Ermittlung der wahren Lufttemperatur aus den Thermometerangaben, insbesondere der Herleitung der wahren Lufttemperatur aus Registrirkurven. Das Resultat seiner Untersuchungen ist in folgenden Sätzen ausgedrückt:

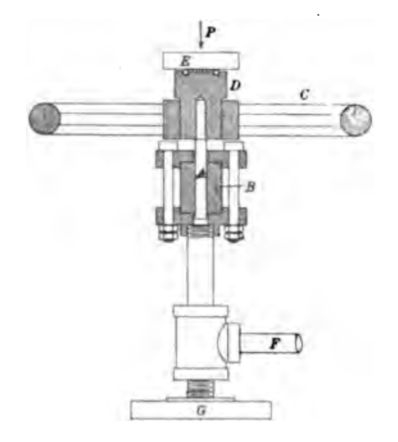
1. Ein ventilirtes Thermometer giebt die Temperatur seiner Umgebung niemals genau an, wenn diese sich schnell ändert, sondern seine Angaben bedürfen einer Korrektion, die durch $\alpha \frac{dU}{dt}$ ausgedrückt wird; $\frac{dU}{dt}$ ist der Differentialquotient nach der Zeit (bei einem Registrirthermometer leicht aus der Kurve zu entnehmen), α der Trägheitskoëffizient.
2. Der Trägheitskoëffizient ist gleich dem Bruch, gebildet aus dem Wasserwerth des Thermometers und dessen äusserer Leitungsfähigkeit, berechnet für seine ganze Oberfläche. Da diese zweite Grösse eine Funktion der Luftdichte und Aspiration ist, gilt dasselbe von dem Trägheitskoëffizienten.
3. Die Abhängigkeit von der Ventilationsgeschwindigkeit kann durch eine lineare Funktion mit genügender Genauigkeit dargestellt werden. Die Veränderlichkeit mit der Luftdichte ist komplizirter Natur. Auf jeden Fall gestatten die mitgetheilten Untersuchungen leicht für jede Bourdon-Röhre den Trägheitskoëffizienten zu bestimmen.

Der erste Satz, welchen der Verfasser direkt aus den Fourier'schen Grundgleichungen abgeleitet hat, stimmt mit dem Newton'schen Abkühlungsgesetze eines Körpers überein, das auch bei Hartmann in seiner oben zitirten Abhandlung von vornherein als gültig angenommen ist. *Schl.*

Ein Apparat zur Messung hoher Drucke.

Von Jacobus. *Engineering* **64.** *S. 464. 1897.*

Der benutzte Apparat ist in nebenstehender Skizze zur Anschauung gebracht. Derselbe besteht aus dem in der Führung *B* gleitenden Stempel *A*, welcher durch die bei *F* eintretende Uebertragungsflüssigkeit gehoben wird. Der Stempel ist fest verbunden mit der Achse eines horizontal liegenden Rades *C*, welches durch Vermittelung eines Kugellagers *D* die Stahlplatte *E* trägt. Bei der Ausführung der Messungen wird die Platte *E* durch Gewichte *P* solange belastet, bis sie dem auf *A* von unten wirkenden Flüssigkeitsdrucke das Gleichgewicht hält, d. h. bis der Stempel sich nicht mehr unter dem Einflusse des Druckes bewegt. Dabei wird das Rad *C* und mit diesem der Stempel in Rotation versetzt, um die Reibung des Stempels in der Führung zu beseitigen. Der zu messende Druck berechnet sich dann aus dem Querschnitt von *A* einerseits, sowie der Summe der Gewichte von *A*, *C*, *D*, *E* und der Zulage *P* auf der Platte andererseits. *Schl.*



Ein verbesserter Heliostat.

Von A. Goldsborough Mayer. *Amer. Journ. of Science* (4) **4.** *S. 306. 1897.*

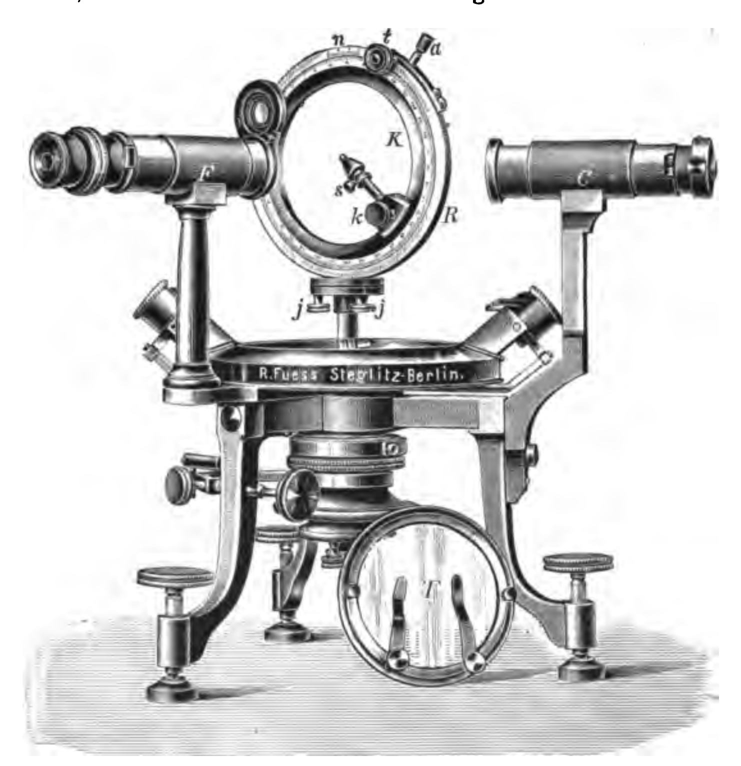
Das vom Vater des Verf., Herrn A. M. Mayer, im Jahre 1885 konstruirte, aber bisher noch nicht beschriebene Instrument scheint einfacher, weniger kostspielig und dabei leistungsfähiger zu sein als die meisten bisher bekannten Heliostaten. Das Sonnenlicht wird durch eine ziemlich grosse Sammellinse auf eine schwach konkave Linse konzentrirt und durch diese parallel gemacht; es fällt sodann auf ein total reflektirendes Prisma, welches dem Licht

die gewünschte Richtung ertheilt; es kann auch noch ein zweites, total reflektirendes Prisma zu Hülfe genommen werden. Beide Linsen sowie das erste Prisma sind auf ein und derselben Achse montirt; sie werden mit Hülfe eines getheilten Kreisbogens nach der Deklination der Sonne eingestellt und durch ein gewöhnliches Heliostatenuhrwerk angetrieben. Trotzdem hierbei die theueren, grossen Spiegelflächen wegfallen, ist das Licht ungemein intensiv und gleichwohl nicht besonders heiss, sodass es sich nicht nur zu Projektionszwecken, sondern besonders auch zu mikroskopischen und spektroskopischen Arbeiten eignet. Die Verwendung des Apparates zur Projektion von Mikrophotographien soll eine lineare Vergrösserung von 3800 gestatten. *Glch.*

Ueber ein einfaches Theodolitgoniometer und seine Verwendung zu stauroskopischen Bestimmungen.

Von F. Stöber. *Zeitschr. f. Krystallogr. u. Min.* **29.** *S. 25. 1897.*

Bei den meisten neueren Goniometern verzichten die Konstrukteure auf die Anbringung eines besonderen Kollimators und verwenden ausschliesslich das bekannte Gauss'sche Prinzip der Autokollimation, welches neben bedeutenden Vorzügen doch auch den wesentlichen Nach-



theil besitzt, dass die Lichtstärke der Reflexe relativ gering ist, sodass kleine oder schwach glänzende Flächen der Beobachtung vollständig entgehen können. Der Verf. glaubt daher, dass für ein praktisches, immer verwendbares Theodolitgoniometer ein besonderes Kollimatorrohr nicht zu entbehren sei, und hat versucht, das Fuess'sche Goniometer II nach dieser Richtung hin umzugestalten.

Wie beistehende Figur zeigt, ist der gewöhnliche Justir- und Zentrirapparat durch einen vertikalen Doppelring ersetzt, der mit dem ersteren in wenigen Augenblicken umgewechselt werden kann; der innere Ring *K* trägt die Theilung, der äussere *R* bei *n* den Nonius; der Krystallträger *k* ragt in der Richtung des Radius in den inneren, freien Raum des Ringes hinein und kann auf letzterem nach Belieben verschoben bezw. mit einer Schraube festgeklemmt werden. Die Schraube *s* gestattet, das Tischchen des Krystallträgers in der Achsen-

richtung des letzteren zu verschieben und somit den Krystall in den Mittelpunkt des Ringes zu bringen. Die grobe Drehung des Theilkreises erfolgt durch sechs an der Rückseite befindliche Zapfen, die Feinstellung mittels des Triebrades *t*. Mit Hülfe der Schrauben *j* lässt sich der Vertikalkreis nach den Vorschriften von Fedorow justiren, nur muss dabei der Krystallträger, der keine Justirung zulässt, durch einen einfachen Justirapparat ersetzt werden. Derselbe besteht im Wesentlichen aus einem etwa 2 *cm* langen und 2 *mm* dicken Bleidraht, der in die Bohrung des unteren Theils des Krystallträgers eingelöthet ist und sich bequem nach allen Richtungen biegen lässt; ein Kreuzschnitt am oberen Ende verhindert das Loslassen des Wachses.

Das Gebiet der Beobachtung umfasst, wenn man der Achse des Fernrohrs *F* einen Winkel von 90° gegen den Kollimator *C* ertheilt, einen Winkelraum von 300°, die übrigen 60° werden durch die Ringfassung verdeckt. Für diejenigen Flächen, deren Winkelkoordinaten unter diesen Umständen nicht bestimmbar sind, vergrössert man den Neigungswinkel zwischen Kollimator und Fernrohr um 40°; das Goniometer gestattet somit, einen Krystall rundum zu messen, ohne ihn umsetzen zu müssen, was bei keinem Theodolitgoniometer mit Autokollimation der Fall ist.

Das Instrument lässt sich auch sehr bequem zur Bestimmung der Auslöschrichtungen in Krystallplatten verwenden, wenn man hinter der Objektivlinse des Fernrohrs und vor derjenigen des Kollimators je ein um die Fernrohrachse drehbares Nicol anbringt. Man stellt dann den Hauptschnitt des Polarisators möglichst genau senkrecht zum Horizontallimbus, richtet das Fernrohr auf das hell erleuchtete Signal und dreht den Analysator, bis das Signalbild verschwindet. Sodann ersetzt man den Krystallträger durch die am Fusse des Instruments abgebildete, mit einer Fassung versehene Spiegelglasplatte *T*, befestigt die auf einen Objektträger geklebte Krystallplatte mit Hülfe der Federklemmen auf der Glasplatte und dreht den Vertikalkreis so lange, bis wieder das Bild des Signals verschwindet.

Schliesslich kann der Apparat auch als Refraktometer für planparallele Krystallplatten nach Pulfrich-Abbe dienen, wenn man die Krystallplatte sowie eine auf diese zu setzende Halbkugellinse mit Hülfe einer an der Metallfassung der Glasplatte befestigten Federklemme gegen die Glasplatte presst und die Vorschlaglupe des Fernrohrs durch eine Korrektionslinse für Refraktometermessungen ersetzt. *Glch.*

Ueber ein neues aus Kalkspath und Glas zusammengesetztes Nicol'sches Prisma.

Von C. Leiss. *Sitz.-Ber. d. K. Preuss. Akad. d. Wiss., Berlin. Physik.-math. Klasse* **40.** *S. 901. 1897.*

Um der Schwierigkeit der Beschaffung optisch brauchbaren Kalkspaths zum Theil abzuhelfen, hat der Verfasser folgende Konstruktion des polarisirenden Prismas ersonnen: „Bei derselben wird der Kalkspathmangel keineswegs aufgehoben, dagegen letzterem dadurch begegnet, dass das neue Prisma nur die Hälfte des Materials der bisherigen Konstruktion nöthig macht. Wie bekannt, dient die zweite Hälfte des Nicol'schen Prismas dazu, die erstere Hälfte zu einer planparallelen Kombination zu ergänzen, damit die aus dem ersten Theil-Prisma austretenden ausserordentlichen Strahlen keine Ablenkung ihrer Fortpflanzungsrichtung erfahren und bei der Beleuchtung mit weissem Lichte keine Dispersion stattfinden kann. Diese Ueberlegung führte mich dazu, die eine Prismenhälfte durch einen Glaskörper von genau gleicher Form eines der beiden Prismen zu ersetzen. Eine Glassorte, die in ihren optischen Konstanten — Brechungsexponent und Dispersion — volle Uebereinstimmung mit dem im ersten Prisma erzeugten ausserordentlichen Strahl besässe, würde einen durchaus vollwerthigen Ersatz der zweiten auch durch Kalkspath hergestellten Prismenhälfte darbieten. Genau ist eine solche Uebereinstimmung bei den zur Zeit zu Gebote stehenden Gläsern nicht erreichbar, aber mit den vorhandenen Glassorten lassen sich, wie dies aus einer Reihe angestellter Versuche hervorgeht, Doppelprismen kombiniren, welche, als *Polarisatoren* angewandt, in ihrer Leistungsfähigkeit kaum den seitherigen Arten nachstehen. Als analysirende Prismen sind sie deswegen weniger geeignet, weil in Folge der nicht vollkommenen Uebereinstimmung der beiden Brechungsexponenten von Glas und des ausserordentlichen Strahles

im Kalkspath bei ihnen eine minimale Ablenkung des Strahles eintritt und somit bei der Drehung des Prismas der beobachtete Gegenstand eine geringe oszillirende Bewegung erfährt."

Ein solches dem Referenten vom Verfasser freundlichst zur Verfügung gestelltes Kalkspath-Glasprisma gab jedoch, mit einem vorzüglichen Nicol Glan-Thompson'scher Konstruktion gekreuzt, eine ungleichmässige und merklich schlechtere Auslöschung, als wenn an seine Stelle gleichfalls ein Glan'sches Nicol gesetzt wurde. Das Leiss'sche Nicol besass ferner eine ziemlich starke Dispersion und erzeugte eine Ablenkung der Strahlen um 4,5 Bogengrade, sodass seine Verwendung wenigstens in der jetzigen Konstruktion als Polarisator für Polaristrobometer und Saccharimeter nicht in Frage kommen kann. Jedoch lässt sich mit Sicherheit sagen, dass durch eine passendere Wahl und Konstruktion des Glasprismas wenigstens die starke Dispersion und Ablenkung ganz beträchtlich vermindert werden können. So liess sich z. B. durch Vorsetzen zweier Zylinderlinsen vor das Nicol die Ablenkung der Strahlen gänzlich beseitigen, ohne dass dabei die Dispersion der Strahlen im geringsten vermehrt wurde. *Schönrock.*

Ueber die Aichung eines ballistischen Galvanometers mittels einer Rolle von bekannter Selbstinduktion.

Von M. Wien. *Wied. Ann.* **62.** *S. 702. 1897.*

Der Reduktionsfaktor eines ballistischen Galvanometers wird gewöhnlich dadurch bestimmt, dass man einen Kondensator von bekannter Kapazität, der auf ein bekanntes Potential geladen ist, durch das Galvanometer entlädt, oder dass man durch eine lange Primärspule, deren Dimensionen genau bekannt sind, einen gemessenen Strom schickt und den bei Kommutiren des Primärstromes in einer Sekundärrolle induzirten Stromstoss durch das Galvanometer leitet (Thomson). Die erste Methode veranlasst Fehler durch die Leitung und Rückstandbildung im Kondensator; die zweite Methode ist nur anwendbar, wenn man eine sehr genau gearbeitete Primärspule zur Verfügung hat.

Wien erhält eine neue Methode durch Umkehrung der Maxwell'schen Methode zur Messung von Selbstinduktionen mittels Wheatstone'scher Brücke und ballistischen Galvanometers. Hat man nämlich die Grösse der Selbstinduktion auf anderem Wege genau bestimmt, so kann man jetzt offenbar durch Benutzung dieses Werthes die Galvanometerkonstante finden.

In drei Zweige der Brückenkombination bringt Wien drei einander gleiche, induktionsfreie Rheostatenwiderstände vom Betrage w; der vierte Zweig enthält eine Rolle mit der bekannten Selbstinduktion p; durch einen hinzugefügten Rheostatenwiderstand und Platindraht mit Quecksilberschleifkontakt wird der Widerstand auch in diesem Zweige dem in den drei anderen gleichgemacht. Der Galvanometerzweig habe den Widerstand w_0. Ist jetzt der Hauptstrom geschlossen und hat man seine Intensität J gemessen, so soll beim *Stromöffnen* das Galvanometer einen Ausschlag α geben. Dann ist der Reduktionsfaktor $b = \frac{Jp}{4\,\alpha\,(w_0 + w)}$.

Bei der Ausführung der Versuche bestand p aus 2 Rollen zu je 10^8 C.G.S.-Einheiten. Im Uebrigen wurde J und $w + w_0$ verändert. Der Reduktionsfaktor des angewandten Sauerwald'schen Galvanometers wurde etwas abhängig von Grösse und Richtung des Ausschlags gefunden. Dasselbe Galvanometer wurde alsdann nach der oben angeführten Thomson'schen Methode geaicht. Der mittlere Reduktionsfaktor wurde jetzt um 0,7 % kleiner erhalten. Die Differenz erklärt Wien durch die Unsicherheit bei der Bestimmung der Konstanten seiner Normalspule. *E. O.*

Ueber einen neuen Empfänger für die Telegraphie ohne Draht.

Von E. Branly. *Compt. rend.* **125.** *S. 939. 1897.*

Branly hatte im Jahre 1890 die Entdeckung gemacht, dass das Leitvermögen von Metallpulvern plötzlich sehr stark verbessert wurde, wenn man elektrische Wellen darauf fallen liess. Diese Eigenschaft hat Marconi benutzt, um eine Telegraphie ohne Draht auf

grössere Entfernungen zu ermöglichen. Branly hat nun durch neuere Versuche einen Empfänger gefunden, der den von Marconi angegebenen bedeutend übertreffen soll. Dieser Empfänger besteht aus einer Kammer aus Ebonit, in die zwischen zwei Metallelektroden das Metallfeilicht in einer Dicke von 1 bis 2 *mm* gefüllt ist. Von den Elektroden ist die eine fest, die andere kann durch eine Schraube mehr oder weniger gegen das Feilicht gedrückt werden. Hat man nun einen Stromkreis aus Element, Galvanometer und Empfänger gebildet, so drückt man das Feilicht durch die Schraube so lange zusammen, bis das Galvanometer einen schwachen Ausschlag zeigt; schlägt man alsdann leicht gegen den Empfänger, so geht das Galvanometer auf Null zurück und der Apparat ist zum Gebrauch fertig. Das als Feilicht benutzte Metall war fein gesiebt worden. Mit mehreren Metallen wurden Versuche gemacht; Aluminium und Aluminiumbronze gaben recht gute Resultate.

Weiter hat Branly gefunden, dass das Metallfeilicht seine Eigenschaften auch behält, wenn man es in ein isolirendes Material einschmilzt. Er stellt aus einer derartigen Mischung kleine Scheibchen von 1 *mm* Dicke und 2 bis 3 *mm* Durchmesser her und benutzt sie in genau derselben Weise wie früher das reine Feilicht. Auf diese Empfänger passt dann allerdings der von Lodge vorgeschlagene Name „*Coherer*" nicht mehr. *E. O.*

Unsere Kenntniss über den Werth eines Widerstandes.

Von W. E. Ayrton. *Electrician* **40.** *S. 149. 1897.*

Ayrton geht aus von den Bestimmungen für den Gebrauch der elektrischen Normale des *Board of Trade* (*Order in Council*, August 1894), worin u. A. die erreichbare Genauigkeit der Vergleichung für das *Ohm* auf $^1/_{100}$ % festgesetzt wird.

Hieran knüpft sich die Frage, ob dieselbe *prozentische* Genauigkeit auch bei grossen und insbesondere auch bei den sehr kleinen Widerständen festgehalten werden soll und kann, welche von der Technik zur Messung starker Ströme verlangt werden.

Handelt es sich z. B. um einen Strom von 5000 *Ampère*, so könnte man denselben durch einen Widerstand von $^1/_{1000}$ *Ohm* leiten und mit einem geeigneten Voltmeter die Potentialdifferenz an den Enden desselben bestimmen. Man hätte dann aber schon einen Spannungsverlust von 5 *Volt*, was zu viel wäre, und wird somit lieber von $^1/_{10\,000}$ *Ohm* die Abzweigung zum Voltmeter vornehmen.

Will man nun die Stromstärke auch nur auf 1 % bezw. $^1/_{10}$ % genau erhalten, so hat man einen Widerstand von $^1/_{10000}$ *Ohm* (= 100 *Mikrohm*) auf 1 bezw. $^1/_{10}$ % abzugleichen und ein Voltmeter herzustellen, welches Spannungen von etwa $^1/_2$ *Volt* mit der gleichen Genauigkeit abzulesen gestattet.

Um die Abgleichung des Widerstandes von 100 *Mikrohm* auf eine *voltametrische Messung* und das Clark-Element zu gründen, hätte man für eine Genauigkeit von 1 % einen Strom von 100 *Amp.* anzuwenden und auf 1 *Amp.* zu messen, und $^1/_{100}$ *Volt* mit entsprechender Schärfe auf das Normalelement zu beziehen.

Dies wäre allenfalls noch möglich, die Methode würde aber versagen, wenn man die Genauigkeit auf 0,1 % treiben wollte.

Ayrton erörtert noch die Möglichkeit einer *unmittelbaren Vergleichung* von 100 *Mikrohm* mit dem 1 *Ohm*-Normal und erklärt dieselbe für unausführbar. Eine indirekte Vergleichung unter Verwendung von Zwischenstufen hält Ayrton für langwierig, bestreitet aber nicht die Durchführbarkeit.

Dem gegenüber betont Ayrton die Vorzüge einer direkten Bestimmung von kleinen Widerständen, wie 100 *Mikrohm*, mit dem Lorenz'schen Apparat. *Ist derselbe einmal ausgemessen, justirt und in Gang gebracht*, so gewährt derselbe eine Genauigkeit von etwa 2 bis 3 Zehntausendtheilen des zu messenden Widerstandes mit geringerem Aufwand von Mühe, als die vorhin erörterten Methoden.

Im Anschluss hieran befürwortet Ayrton den von Jones gemachten Vorschlag, die *Urnormale des Widerstandes in jedem Lande zu definiren durch das genaueste Ergebniss, welches mit einem im Besitze der Regierung befindlichen Lorenz'schen Apparat erzielt werden kann.*

Um diesen Vorschlag zu stützen, stellt Ayrton die Ergebnisse von drei Bestimmungen des *Ohm* mit dem Lorenz'schen Apparat zusammen:

1891. Bestimmung des spezifischen Widerstandes des Quecksilbers in Cardiff:
1 wahres *Ohm* = 106,300 *cm/mm*² Hg 0°.

1894. Absolute Messung von Drahtrollen, die von Glazebrook verifizirt waren, in Cardiff:
1 wahres *Ohm* = 106,32 *cm/mm*² Hg 0°.

1897. Absolute Messung von Drahtrollen, die von Cardew verifizirt waren, in London:
1 wahres *Ohm* = 106,27 *cm/mm*² Hg 0°.
(1 *Board of Trade Ohm* = 1,00026 wahre *Ohm*.)

Der Referent kann nicht unterlassen, seine eigenen Anschauungen, welche von denen Ayrton's mehrfach abweichen, kurz zum Ausdruck zu bringen.

Zunächst hält Ref. die Beziehung sehr kleiner Widerstände auf ein Normal von 1 *Ohm* unter Benutzung geeigneter Zwischenstufen keineswegs für besonders mühsam und zeitraubend, umsoweniger als in einem elektrischen Prüfungsamt diese Zwischenstufen *ohnedies vorhanden sein und unter Kontrole gehalten werden müssen.* Hierzu kommt, dass man mit einem einmal konstruirten Lorenz'schen Apparat nur ein recht enges Gebiet beherrscht, nach Ayrton's eigener Angabe Widerstände im Verhältniss 1 : 3. Man würde also *mehrere* Lorenz'sche Apparate brauchen, falls man nicht doch wieder auf indirekte Methoden zurückgreifen will.

Auch dürfte die Inbetriebsetzung eines Lorenz'schen Apparates nach längerem Nichtgebrauch recht viel Mühe verursachen, ganz abgesehen von der unumgänglichen Nachmessung des Durchmessers (besonders des vertikalen) der Rolle und der Scheibe in angemessenen Zeiträumen.

In prinzipieller Hinsicht wäre der Mangel einer Verbindung der kleinen Widerstände mit dem Hauptnormal zu rügen.

Energische Verwahrung einzulegen ist aber gegen den Vorschlag von Jones und Ayrton, die Urnormale des Widerstandes in jedem Lande auf einen besonderen Lorenz'schen Apparat zu gründen.

Durch die internationale Vereinbarung, das *Ohm* als Quecksilbersäule (106,3 *cm/mm*² Hg 0°) zu definiren, war die Uebereinstimmung der Widerstandseinheiten in den verschiedenen Ländern bis auf wenige Hunderttausendtheile gewährleistet.

Die Abweichung des „internationalen“ vom „wahren“ *Ohm* ist so geringfügig (wohl höchstens 2 Zehntausendtheile), dass sie bis auf verschwindende Ausnahmen unberücksichtigt bleiben kann. In England haben die Berather der Regierung es für angezeigt gehalten, einen *Draht*-Widerstand als Hauptnormal einzuführen. Die Folgen dieser Nichtbeachtung des internationalen Uebereinkommens liegen schon zu Tage: Das *Ohm* des *Board of Trade* ist gegen das internationale etwa $^1/_{10000}$ zu gross[1]), und die Differenz kann im Laufe der Jahre noch anwachsen.

Sollte aber gar der Vorschlag von Jones und Ayrton verwirklicht werden, so wäre damit die in mühsamen Verhandlungen errungene Uebereinstimmung der elektrischen Maasseinheiten preisgegeben.

Die Unterschiede der von den englischen Physikern, die grosse Hülfsmittel und Uebung besitzen, mit dem Lorenz'schen Apparate ausgeführten *Ohm*-Bestimmungen erheben sich auf 5 Zehntausendtheile (s. o.). Die Genauigkeit ist also eine weit geringere, als bei der Herstellung von Quecksilbernormalen oder gar bei einer Widerstandsvergleichung. Wie weit die Fehler in Ländern mit geringeren Hülfsmitteln und weniger geschulten Physikern ansteigen können, lässt sich garnicht übersehen. Hat doch Lorenz selbst bei seiner zweiten Messung das *Ohm* zu 105,93 *cm/mm*² Hg 0° bestimmt!

Es verhält sich gerade so, als wollte man jedem Lande und Ländchen freistellen, sein Meter durch Gradmessungen auf seinem eigenen Gebiet festzusetzen. *E. Dorn.*

---

[1]) Vgl. Lindeck, Ueber die Vergleichung der Widerstandsnormale der *British Association* mit denen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. *Diese Zeitschr.* **16.** *S. 272. 1896.*

Traktoriograph und konstruktive Bestimmung der Zahlen π und e.
Von L. Kleritj. Belgrad 1896 (in serbischer Sprache).

Traktoriograph und Konstruktion der transzendenten Zahlen π und e u. s. f.
Von L. Kleritj. *Dingler's polytechn. Journ.* ***305.*** *Heft 10 u. 11. 1897.*

Der Verf., früher Professor, dann Handelsminister in Belgrad, hat 1891 ein sehr einfaches, aber höchst interessantes Instrument konstruirt, das er Traktoriograph genannt hat. Das Instrument stimmt im Prinzip vollständig überein mit dem (einige Jahre ältern, nämlich bereits 1886 in einer dänischen, in Deutschland und Oesterreich-Ungarn wohl kaum bekannten Landmesserzeitschrift beschriebenen) Stangenplanimeter (Schneidenplanimeter) von Prytz, von dem es übrigens vollkommen unabhängig entstanden ist. Am einen Ende der Stange befindet sich der Fahrstift, am andern Ende eine scharfrandige, um eine waagrechte Achse drehbare Rolle; der Fahrstift läuft in Spitzen in einem mit verstellbaren Füssen versehenen Rahmen, der gestattet, den Fahrstift um eine Kleinigkeit von der Papierebene abzuheben. Die Rollenfassung lässt sich auf der Stange verschieben, sodass die Länge des Instruments verändert werden kann. Wenn der Fahrstift eine Kurve durchfährt, so zeichnet die Rolle eine dieser Kurve entsprechende Traktorie mit dem konstanten Tangentenstück gleich der eingestellten Länge des Instruments. Ueber der Rollenschneide befindet sich ein Farbrädchen, sodass die Schneide eine scharfe, farbige Linie für die Traktorie liefert. — Diesen (Näherungs-) Apparat benutzt der Verf. zur Konstruktion der transzendenten Zahlen π und e, wobei für die erste einfach die Kreistraktorie, für die zweite die der Geraden mit dem Instrument zu zeichnen ist. Man hat hier also abermals eine direkte Konstruktion transzendenter Zahlen und zwar mit einem viel einfachern Apparat, als der Abdank-Abakanowicz'sche Integraph (bekanntlich von Coradi in Zürich ausgeführt) ihn vorstellt. (Vgl. dazu auch Klein, Vorlesungen über ausgewählte Fragen der Elementargeometrie. Leipzig 1895. *S. 66*, wo gesagt ist, dass der genannte Integraph die wirkliche konstruktive Quadratur des Kreises, die nicht mit Hülfe einer algebraischen, sondern nur einer transzendenten Kurve ausgeführt werden kann, genau auf dem von den Griechen gesuchten Weg leiste.) Ueberhaupt ist man mit dem Kleritj'schen, mit grosser Leichtigkeit zu handhabenden und scharfe Linien liefernden Instrument, das in der Ausführung von O. Leuner in Dresden nur 22 M. kostet, im Stande, viele transzendente Aufgaben ebensogut zu lösen als mit dem so viel theureren Abdank-Coradi'schen Integraphen. Von Interesse ist z. B. noch die Anwendung des Apparates auf das Problem der Winkeltheilung, die Konstruktion eines beliebigen regulären n-Ecks im Kreis. Der Verf. hofft, dass man mit seinem transzendenten Instrument, das er (nicht ganz mit Recht) neben die algebraischen Hauptinstrumente Lineal und Zirkel stellt, noch viele Aufgaben aus dem Gebiet transzendenter Linien und Zahlen lösen „und so *graphisch* in das transzendente Gebiet der Geometrie eindringen“ werde. Jedenfalls ist der Apparat von hohem Interesse; dass man ihn auch als Planimeter brauchen kann, hat Prytz in seinem Stangenplanimeter gezeigt. Man kann sich bei dem Traktoriographen eine Planimeterbenutzung denken, bei der die vorhergehende genäherte Kenntniss der Schwerpunkte der Figur nicht nothwendig ist. Eine Ausrüstung der einfachen Rollenschneide mit einem Zählwerk zu diesem Zweck ist in der oben zuerst genannten Brochüre als „rectifizirendes Tractorien-Planimeter“ bereits beschrieben. *Hammer.*

Der Phototheodolit von Bridges-Lee, ausgeführt von Casella.
Engineering ***64.*** *S. 314. 1897.*

Wenn man auch dem Verf. dieser Notiz zugeben wird, dass die schönen phototopographischen Arbeiten unter Deville's trefflicher Leitung in Britisch-Nordamerika die umfassendsten Aufnahmen dieser Art sind (14 000 engl. Qu.-Meilen), so wird man doch kaum den Genannten, neben Laussedat, als dem „*Pioneer*“ der Methode, als Ersten hinstellen dürfen, der überhaupt nennenswerthe Landflächen auf diesem Weg mappirt hätte; denn das hiesse doch der italienischen Hochgebirgstopographie nicht den richtigen Platz anweisen.

Was den Phototheodolit von **Bridges-Lee** angeht, so ist zunächst die Einrichtung derart, dass das magnetische Azimuth der optischen Achse der Linse (der Richtung der photographischen Zielung) bei jeder Exposition einer Platte selbstthätig mit aufgenommen wird (vgl. die Beschreibung der Einrichtung im *Engineering vom 31. Juli 1896*). Neuerdings sind an dem von **Casella** in London ausgeführten Instrument verschiedene Vervollständigungen angebracht worden, besonders ein kleines Fernrohr über der Kamera und ein getheilter Kreis, auf dem diese ruht (Ablesung $1/3'$), sodass der Apparat jetzt in der That als Phototheodolit bezeichnet werden kann. Auch ein Höhenbogen zur direkten Messung grosser Höhenwinkel ist nun dem Fernrohr über der Kamera beigegeben. *Hammer.*

Selbstreduzirendes Tachymeterfernrohr.

Von Eckert & Hamann.

Die Aufgabe, durch Vorrichtungen am Fernrohr oder am Instrument selbst die Reduktion optisch gemessener Entfernungen auf den Horizont vorzunehmen, ist bekanntlich in den letzten Jahren auf den verschiedensten Wegen gelöst worden. Vor mir liegt eine neue Anordnung von **Hamann** in Friedenau in Gestalt eines Okularkopfs, in dem der Fadenabstand mit dem Neigungswinkel der Zielung sich selbstthätig verändert. Ein Versuch, dies für senkrechte Lattenstellung zu machen, ist noch nicht ganz gelungen; der vorliegende Okularkopf setzt denn auch Lattenhaltung normal zur Zielung voraus. Ich möchte hier noch nicht näher auf die Konstruktion eingehen, weil sie nach Mittheilung des Verfertigers von der landwirthschaftlichen Hochschule in Berlin geprüft werden soll und dabei wohl auch beschrieben werden wird. Fraglich erscheint mir, ob die Wirkung des Pendelgewichts stets genügende Genauigkeit verbürgen wird. *Hammer.*

Ueber Monticolo's Kreisbogenzeichner.

Von E. K. Scott. *Engineering* **63.** *S. 791. 1897.*

Beweis, dass das Instrument, mit dem bekanntlich Bögen von Halbmessern von 50 *cm* bis ∞ gezogen werden können, in der That Kreisbögen zeichnet; „es ist kein sehr feines Instrument, aber wohlgeeignet für jede praktische Anwendung, bei der man jetzt hölzerne Kreisbogen-Schablonen anwendet oder aber Instrumente, die nur näherungsweise Kreisbögen zu zeichnen gestatten“. *Hammer.*

Ueber eine neue Methode zur direkten Bestimmung des wahren Horizontes.

Von Prof. Deichmüller. *Astron. Nachrichten* **143.** *Nr. 3422. 1897.*

Seiner Zenithspiegeleinrichtung und seinem neuen Nadirhorizont[1]) reiht der Verfasser hier eine neue Art der Horizontpunktbestimmung auf Höhenkreisen an. Dazu hat man bisher beim Meridiankreis entweder die Messung des Abstands eines kulminirenden Sterns von seinem Spiegelbild im Quecksilberhorizont oder aber die Einstellung auf die nivellirten Kollimatoren angewendet. Beide Methoden reichen aber bei weitem nicht an die Genauigkeit heran, mit der man den Zenithpunkt und den Nadirpunkt eines Höhenkreises bestimmen kann, und so sind denn gegen diese beiden Punkte die Horizontpunkte in der praktischen Astronomie (im theilweisen Gegensatz zur Geodäsie) sehr in den Hintergrund getreten. Für die feine direkte Horizontpunktbestimmung am Meridiankreis hat der Verfasser nun seinen neuen „Horizontspiegel“ hergestellt, mit dessen Hülfe man das direkte und das gespiegelte Bild der Horizontalfäden zur Koïnzidenz bringen kann. Er ist eine sehr einfache Erweiterung des Nadirspiegels des Verfassers: der auf der Quecksilberschicht schwimmende Horizontalspiegel trägt in der Mitte eine senkrecht stehende, auf beiden Seiten reflektirende planparallele Spiegelplatte. Nach Anbringung der Korrektion für prismatische Form des Vertikalspiegels werden die weitern Fehler durch Drehen des ganzen Apparats um seine Vertikalachse um 180° eliminirt; an jedem Vertikalkreis lässt sich so der Horizontpunkt direkt und sehr einfach bestimmen. *Hammer.*

[1]) In dem Referat auf *S. 21* des vorigen Heftes ist der Name des Verfassers, Prof. Dr. Deichmüller in Bonn, aus Versehen weggeblieben.

Neu erschienene Bücher.

W. Löb, Grundzüge der Elektrochemie. 8°. VIII, 140 S. mit 43 Textfiguren. Leipzig, J. J. Weber 1897. 8,00 M.

Den im Laufe der letzten Jahre erschienenen Darstellungen der Elektrochemie von Lüpke (*diese Zeitschr.* ***15.*** *S. 305. 1895*), Jahn (***16.*** *S. 63. 1896*), Le Blanc, Ahrens gesellt sich noch das vorliegende Werkchen zu, das als Nr. 162 von Weber's „illustrirten Katechismen" erschienen ist. Dem Zweck dieser Katechismen entsprechend beschränkt sich der Verfasser darauf, für den Praktiker einen kurzen Ueberblick über das ganze Gebiet vom Standpunkt der neueren Theorien aus zu geben.

Nachdem die Grundvorstellungen der Elektrizitätslehre und die gebräuchlichen elektrischen Messmethoden und Messapparate besprochen sind, wird die neuere Theorie der Lösungen und der elektrolytischen Stromleitung dargelegt, insbesondere auch ihre Anwendung zur Berechnung elektromotorischer Kräfte. Es folgt eine kurze Beschreibung der bei elektrochemischen Arbeiten üblichen Stromquellen: Dynamomaschinen, Thermosäulen Primär und Sekundär-Elementen. Dann werden die durch den elektrischen Strom bewirkten chemischen Vorgänge in ihrer Anwendung zur Metallurgie, Elektroanalyse und Elektrosynthese besprochen. Ein Anhang giebt die praktische Anordnung elektrolytischer Versuche, ferner Zahlenwerthe für einzelne Potentialsprünge, elektromotorische Kräfte, Leitfähigkeiten, eine Zusammenstellung der besprochenen Grundformeln u. s. w.

Die Knappheit der Darstellung bringt es wohl mit sich, dass manche Einzelheiten zu Erinnerungen Anlass geben. So ist z. B. das, was *S. 70* über die „Intensität" des Stromes gesagt wird, gewiss anfechtbar, ebenso manches in der Darstellung der Polarisationserscheinungen; vom Normalelement wird nur die älteste, unbrauchbare, Form beschrieben; *S. 139* wird die Formel zur Berechnung des Dissoziationsgrades unrichtig als Ostwald'sches Gesetz bezeichnet; derselbe Buchstabe *K* hat *S. 138* und *139* kurz hintereinander verschiedene Bedeutung; gerade manche Eigennamen sind durch Druckfehler entstellt. *Wg.*

H. Armagnat, *Instruments et Méthodes de Mesures électriques industrielles.* Paris 1897. 8°. 588 S. m. 175 Fig. Kart. 10,50 M.

E. H. Chapper, *Practical electrical Measurements.* London 1897. 8°. Mit 56 Illustrat. Geb. in Leinw. 2,70 M.

G. Ferraris, *Teoria geometrica dei Campi vettoriali come introduzione allo studio dell' Elettricità, del Magnetismo ecc.* Torino 1897. 4°. 76 S. 4,00 M.

C. E. S. Phillips, *Bibliography of X-Ray Literature and Research, 1896-97. Index to Literature on Röntgen-Rays. With historical retrospect and practical hints.* London 1897. 8°. 104 S. Geb. in Leinw. 5,50 M.

D. Tommasi, *[illegible] physico-chimique. Recueil de tables, formules et renseignements pratiques.* Paris 1897. 8°. 500 S. Kart. 5,20 M.

A. Minet, *[illegible]* Paris 1897. 8°. 167 S. m. 19 Fig. 2,20 M.

E. Hammer, Lehrb. d. ebenen u. sphärischen Trigonometrie. Zum Gebrauch beim Selbstunterricht u. in Schulen, besonders als Vorbereitg. auf Geodäsie u. sphär. Astronomie bearb. 2. Aufl. gr. 8°. XIV, 572 S. m. Fig. u. 1 Tab. Stuttgart, J. B. Metzler's Verl. 7,40 M; geb. 7,90 M.

Neudrucke v. Schriften u. Karten üb. Meteorologie u. Erdmagnetismus, hrsg. v. Prof. Dr. G. Hellmann. Nr. 10 u. 11. 4°. Berlin, A. Asher & Co. Nr. 10: 15,00 M; Nr. 11: [illegible] M.

L. Barré u. C. Vigreux, *[illegible]* [illegible] Auflage. Paris 1897. 8°. [illegible] S. m. 1000 Fig. Kart. 9,50 M.

[illegible]

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVIII. Jahrgang. **März 1898.** Drittes Heft.

Ueber eine neue Thermosäule.

Von
Prof. Dr. **Heinrich Rubens.**

Seit dem Erscheinen der Langley'schen Arbeiten über Wärmestrahlung sind fast alle auf diesem Gebiete liegenden Experimentaluntersuchungen mit Hülfe des Langley'schen Bolometers, des Boys'schen Mikroradiometers oder des Crookes'schen Radiometers ausgeführt worden. Der Grund dafür, dass die Melloni'sche Thermosäule von den genannten Instrumenten verdrängt wurde, liegt keineswegs in der geringeren Strahlungsempfindlichkeit dieses Apparats, sondern ist vielmehr in dem Umstand zu suchen, dass die Thermosäulen älterer Konstruktion zu grosse Masse und infolge dessen zu hohe Wärmekapazität besitzen. Sie zeigen dementsprechend bei der Bestrahlung einen sehr langsamen, kriechenden Gang, wodurch die Beobachtungen gleichzeitig äusserst zeitraubend und unsicher werden. Es kommt noch hinzu, dass bei der Anordnung der Thermoelemente nicht, wie dies z. B. bei dem Langley'schen Bolometer der Fall ist, darauf Rücksicht genommen wurde, dass die sämmtlichen temperaturempfindlichen Theile möglichst dicht in einem Raum von konstanter Temperatur vereinigt sind. Das Instrument besitzt in Folge dessen keine sichere Ruhelage und gestattet daher nicht die Anwendung eines sehr empfindlichen Galvanometers.

Ich habe mir die Aufgabe gestellt, diese Mängel der alten Thermosäule durch eine Neukonstruktion zu beseitigen, und bin auf folgendem Wege in befriedigender Weise zum Ziel gelangt.

Will man die Masse und damit die Wärmekapazität der Thermosäule wesentlich verringern, so ist man genöthigt, auf die Verwendung von Antimon-Wismuth-Elementen zu verzichten, da die betr. Materialien sich schlecht bearbeiten und nicht zu sehr dünnen Drähten ausziehen lassen. Dagegen bilden Konstantan und Eisen ein Thermopaar, welches von dem letztgenannten Mangel völlig frei ist und dabei eine relativ hohe elektromotorische Kraft (53 *Mikrovolt* pro Celsiusgrad) besitzt. Wenngleich dieselbe wesentlich hinter derjenigen von Wismuth gegen Antimon (100 *Mikrovolt* pro Celsiusgrad) zurücksteht, so sind doch die Vorzüge, welche sich bei der Verwendung von Eisen und Konstantan ergeben, so erheblich, dass die geringere Temperaturempfindlichkeit der einzelnen Elemente hierdurch reichlich kompensirt wird[1]).

[1]) Eine aus Eisen-Konstantan-Elementen bestehende Thermosäule ist, freilich zu ganz anderen Zwecken, kürzlich auch von Hrn. A. Crova angewandt worden. Vgl. *Compt. rend.* **125.** *S. 804. 1897; diese Zeitschr.* **18.** *S. 53. 1898.*

Ich lasse nunmehr eine Beschreibung derjenigen Konstruktion folgen, welche sich nach mannigfachen Versuchen in Bezug auf die Herstellung und die Benutzung als die günstigste erwiesen hat. Fig. 1 bis 3 geben ein Bild derselben in $^2/_3$ nat. Grösse, sodass alle Maasse mit genügender Genauigkeit aus derselben zu ersehen sind. Auf einem in der Höhe verstellbaren Messingfuss *A* ist ein dickwandiger Hohlzylinder *B* aus Messing befestigt, welcher an zwei diametralen Stellen schlitzartige Oeffnungen *c* und *c'* enthält. Oben wird der Messingzylinder durch einen Metalldeckel *D* verschlossen, welcher durch zwei Kordenschrauben *ee* befestigt wird. An der unteren Seite des Deckels, also im Innern des Messingzylinders, ist ein rechteckiger Elfenbeinrahmen *F* angebracht, welcher als Träger für die Thermoelemente dient. Von diesen sind 2 Kupferdrähte durch den Deckel des Zylinders isolirt hindurchgeführt und endigen in den kupfernen Klemmschrauben *GG'*. Der Messingzylinder *B* (Fig. 3) ist von einem polirten und vernickelten Metallrohr *H* umgeben, welches mit geringer Reibung um den Zylinder als Achse gedreht werden kann. Auch das Rohr besitzt zwei rechteckige Diaphragmen, welche ihrer Grösse nach denjenigen des Zylinders entsprechen, jedoch sind dieselben nicht diametral angeordnet, sondern ihrer Lage nach um 90° gegeneinander verschoben. Das Mantelrohr bedeckt daher stets mindestens eine der beiden Oeffnungen des Zylinders. Das eine der beiden Diaphragmen des Mantels ist mit einem innen und aussen spiegelnden Konus *J* versehen, wie er bereits in ähnlicher Form bei Thermosäulen älterer Konstruktion zur Verstärkung der Strahlung in Anwendung gebracht worden ist. In den Konus *J* lässt sich nach Bedarf noch ein zweiter Konus *J'* einsetzen; derselbe bewirkt eine Steigerung der Empfindlichkeit und eine Verbesserung der Ruhelage.

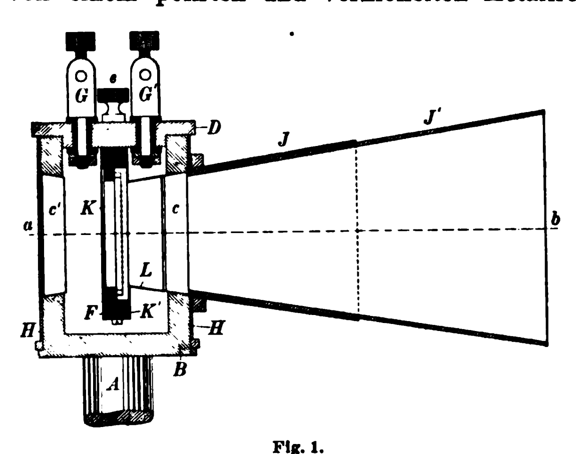


Fig. 1.

Die Art wie die Thermoelemente auf dem Elfenbeinrahmen *F* angeordnet sind, ist aus Fig. 2 ersichtlich. Auf jeder der beiden vertikalen Längsseiten des Rahmens sind in je 2 *mm* Abstand 10 Messingstiftchen angebracht. Auf diesen Messingstiftchen sind die Drähte der einzelnen Thermoelemente durch Auflöthen befestigt, sodass dieselben eine ununterbrochene, zickzackförmige Stromleitung bilden. In Fig. 2 sind die Eisendrähte durch dünne, die Konstantandrähte durch dicke Striche kenntlich gemacht, und es ist ohne Weiteres aus derselben zu ersehen, dass sämmtliche geradzahlige Löthstellen auf der vertikalen Mittellinie des Rahmens liegen, während die ungeradzahligen in 5 *mm* Entfernung davon theils auf der rechten, theils auf der linken Seite angeordnet sind. Ferner erkennt man, dass sich an den Messingstiften selbst keine temperaturempfindlichen Löthstellen befinden. Es ist dies nothwendig, weil die gute Nulllage einer Thermosäule u. a. wesentlich von der Gleichheit der Bedingungen abhängt, unter welchen sich die geradzahligen und ungeradzahligen Löthstellen befinden. Insbesondere muss vermieden werden, der einen Art eine grössere Wärmekapazität zu geben als der anderen, weil in Folge dieses Umstandes bei einer Temperaturveränderung des Raumes, in dem sich die Thermosäule befindet, stets die Löthstellen mit geringerer Wärmekapazität der Veränderung schneller folgen

als diejenigen mit höherer, was naturgemäss das Auftreten eines Stromes in der Thermosäule zur Folge hat.

Die Weite der Diaphragmen in Zylinder und Mantelrohr ist so gewählt, dass nur die mittleren, geradzahligen Löthstellen von den zu untersuchenden Wärmestrahlen getroffen werden. Damit auch bei schieferem Einfall die ungeradzahligen Löthstellen von den zu beobachtenden Wärmestrahlen nicht erreicht werden können, sind noch unmittelbar vor dem Rähmchen zwei schlitzförmige Diaphragmen KK' aus Schablonenblech angebracht, deren eines mit einem kleinen Konus L versehen ist, ferner ist das Innere des Messingzylinders durch Russ geschwärzt. Die Dicke der benutzten Eisen- und Konstantandrähte betrug 0,1 bis 0,15 *mm*. Sämmtliche Verbindungsstellen der Thermoelemente sind mit Silber gelöthet. Die Löthstellen werden nach dem Erkalten zu äusserst dünnen, kreisförmigen Scheibchen von 0,5 bis 0,8 *mm* Durchmesser ausgehämmert. Bei der Befestigung der Thermoelemente wird darauf

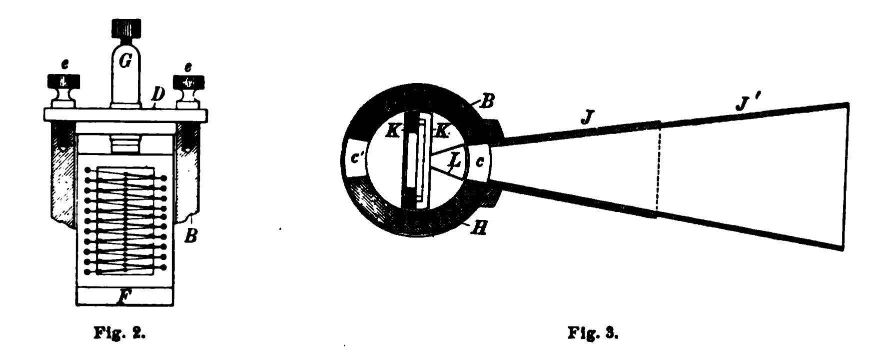


Fig. 2. Fig. 3.

geachtet, dass die Ebene der kleinen Scheibchen senkrecht zur Richtung der auffallenden Strahlen steht. Die Schwärzung der Löthstellen geschah bisher stets mit Russ.

Nach der in dem Vorstehenden beschriebenen Weise gelingt es leicht, eine lineare Thermosäule herzustellen, welche auf einer Länge von 20 *mm* 20 Löthstellen der Metalle Eisen und Konstantan enthält. Dieselbe liefert bei einer Temperaturerhöhung der geradzahligen Löthstellen um 1° Celsius eine elektromotorische Kraft von $20 \times 53 \times 10^{-6} = 0{,}00106$ *Volt*. Ihr innerer Widerstand beträgt etwa 3,5 *Ohm*. Kombinirt man die Thermosäule mit einem Galvanometer, welches bei w *Ohm* innerem Widerstand für 1 *Mikroampère* n Millimeter Ausschlag liefert, so entspricht ein Ausschlag von 1 *mm* einer Temperaturerhöhung der bestrahlten Löthstellen um δ Celsiusgrade, worin

$$\delta = \frac{(3{,}5 + w)}{20 \times 53 \times n}$$

ist. Das von mir benutzte Galvanometer war ein ziemlich empfindliches Instrument, welches durch Eisenpanzer gegen magnetische Störungen geschützt war und das bei einem inneren Widerstand w von 5 *Ohm* für 1 *Mikroampère* einen Ausschlag n von 3600 *mm* ergab. Hieraus berechnet sich die theoretische Temperaturempfindlichkeit dieses Thermomultiplikators zu $\delta = 2{,}2 \times 10^{-6}$ Celsiusgrad. Unter diesen Bedingungen war die Lage des Nullpunkts noch eine so gute, dass insbesondere in den Nachtstunden Ausschläge von einigen Zehntel Millimeter, d. h. Temperaturerhöhungen von weniger als ein Milliontel Grad mit Sicherheit beobachtet werden konnten.

Es ist mir niemals gelungen, eine ähnlich hohe Empfindlichkeit mit Hülfe eines Bolometers von gleicher Fläche zu erreichen, und es ist dies auch nur bei Benutzung eines viel empfindlicheren Galvanometers und auf Kosten der erreichten Genauigkeit möglich. Ein grosser Vorzug, welchen die Thermosäule vor dem Bolometer besitzt, besteht nämlich darin, dass dieselbe während des Gebrauchs fast stromlos ist, während der temperaturempfindliche Widerstand des Bolometers von einem Strom durchflossen wird, welcher oft mehr als $^1/_{100}$ *Amp.* beträgt und eine beträchtliche Erwärmung des Widerstands in der denselben umgebenden Luft zur Folge hat. Ein Bolometer wird daher von Luftströmungen ausserordentlich viel stärker beeinflusst als eine Thermosäule von gleicher Empfindlichkeit und besitzt daher eine erheblich schlechtere Ruhelage.

Das Crookes'sche Radiometer hat zwar in der von Hrn. E. F. Nichols[1]) beschriebenen und angewandten Form eine sehr hohe, der hier angegebenen vergleichbare Empfindlichkeit, ist jedoch für manche Untersuchungen weniger geeignet, weil die zu dem Radiometerflügel gelangenden Strahlen die Verschlussplatte des Fensters durchdringen müssen, was insbesondere die Verwendung des Instruments zur Beobachtung sehr langer Wärmewellen erschwert.

Das Boys'sche Mikroradiometer endlich liefert in den Händen eines sehr geschickten Experimentators, wie seines Erfinders, zweifellos sehr gute Resultate, ist aber ungemein schwierig herzustellen.

Um auch eine praktische Definition der erzielten Empfindlichkeit zu geben, führe ich die Thatsache an, dass die Strahlung einer Kerze in 10 *m* Entfernung ohne Benutzung der beiden äusseren Konus J und J' 22, mit Benutzung von J 54 *mm* Ausschlag ergab. Der Ausschlag vollzieht sich in Folge der geringen Wärmekapazität der Thermosäule genau wie bei einem Bolometer. Der stationäre Zustand wird in einer Zeit erreicht, welche kleiner ist als die Schwingungsdauer der Galvanometernadel.

Ein Vergleich zwischen der neuen Thermosäule und der älteren Form ist aus den oben genannten Gründen nur mit Hülfe eines Galvanometers möglich, welches etwa 100-mal unempfindlicher ist als das von mir benutzte. Bei gleicher Zahl der Elemente ergab sich bei beiden Formen angenähert die gleiche Empfindlichkeit. Diese Thatsache steht mit der höheren elektromotorischen Kraft des Thermoelements Wismuth-Antimon scheinbar im Widerspruch. Indessen lehrt eine eingehendere Betrachtung, dass in der hier beschriebenen Thermosäule die belichteten Löthstellen unter dem Einfluss der gleichen Strahlung eine höhere Temperatur annehmen, als dies bei den älteren Instrumenten der Fall ist, da die Wärmeverluste durch Leitung in den Drähten in Folge ihres etwa 100-mal geringeren Querschnitts bedeutend kleiner sind.

Es braucht kaum hinzugefügt zu werden, dass die im Vorstehenden beschriebene Thermosäule, bezw. deren temperaturempfindlicher Theil leicht an Stelle eines Fadenkreuzes im Inneren eines Spektrometerokulars angebracht werden kann. In diesem Falle wählt man die Diaphragmen C und C' am besten kreisförmig. Bei c befindet sich dann die Mündung des Beobachtungsfernrohres, während der optische Theil des Okulars in c' eingesetzt wird. Ferner wird der innere Konus L durch eine Reihe von schlitzförmigen Diaphragmen ersetzt, deren engstes sich unmittelbar vor den mittleren Löthstellen befindet und etwa 0,7 *mm* breit ist. In dieser Form ist die Thermosäule bereits mit gutem Erfolg benutzt worden[2]). Es wird

[1]) E. F. Nichols, Berl. Ber. 22. Okt. 96; *diese Zeitschr.* ***17.*** *S. 123. 1897.*

[2]) Vgl. *Wied. Ann.* ***64.*** *1898.*

jedoch in vielen Fällen ausreichen, mitunter sogar vortheilhafter sein, mit Okularspalt und feststehendem Beobachtungsfernrohr, etwa unter Benutzung der von Hrn. Wadsworth[1]) angegebenen Spektraleinrichtung zu arbeiten, und die aus dem Okularspalt austretenden Strahlen mit Hülfe eines Hohlspiegels auf der Thermosäule zu einem Bilde zu vereinigen. Diese Versuchsanordnung gestattet, die Thermosäule auch in der zuerst beschriebenen Form zu genauen spektrometrischen Messungen zu benutzen und hat den Vortheil, dass die Breite des gleichzeitig auf die Thermosäule gelangenden Spektralgebiets leicht nach Wunsch regulirt werden kann. Auch lässt sich die Thermosäule bei fester Aufstellung gegen äussere Wärmeeinflüsse wirksamer schützen.

Auch als Vorlesungsinstrument ist die Eisen-Konstantan-Thermosäule der älteren vorzuziehen, da auch hier die gute Ruhelage und schnelle Erreichung des stationären Zustands wesentlich sind. Ferner ist die Anordnung der empfindlichen Löthstellen in einer vertikalen Linie, besonders zur Demonstration des Wärmespektrums sehr geeignet. Allerdings ist die Empfindlichkeit der Thermosäule durch den Umstand begrenzt, dass sich die Zahl der Löthstellen nicht leicht über 20 steigern lässt, wenn man nicht auf die lineare Anordnung verzichtet, während die Melloni'schen Instrumente bisweilen mehr als 50 Thermoelemente besitzen.

Die Firma Keiser & Schmidt, Berlin NW., Johannisstr., hat die Anfertigung des hier beschriebenen Apparats übernommen und die ersten Exemplare zu meiner vollen Zufriedenheit ausgeführt[2]).

Charlottenburg, Phys. Inst. d. Techn. Hochschule, Februar 1898.

Repsold'sche Instrumente auf der v. Kuffner'schen Sternwarte in Wien[3]).

Von
Dr. O. Knopf in Jena.

Das Durchgangsrohr im ersten Vertikal mit Höhenkreis.

Auf Veranlassung von Hrn. Dr. N. Herz, des früheren Leiters der v. Kuffner-schen Sternwarte in Wien, ist von Repsold für das genannte Institut ein Durchgangsrohr im ersten Vertikal mit Höhenkreis konstruirt worden, durch welches die Frage nach der Realität der meist durch Meridianbeobachtungen gefundenen Polhöhenschwankungen mit zur Entscheidung gebracht werden sollte. Das Instrument zeigt viel Aehnlichkeit mit dem aus der gleichen Werkstatt stammenden Strassburger Altazimuth. Auf einem Dreifuss ist eine Säule verschraubt, welche an einem um sie drehbaren Ring einen Quecksilberhorizont *1* (vgl. d. Fig. a. f. S.) und oben ein im Azimuth justirbares, durchbrochenes Kopfstück *3* trägt. Die beiden Lager für die Fernrohrachse sind 0,53 *m* von einander entfernt, entsprechend dem Oeffnungsspalt des schon vorhanden gewesenen Beobachtungsraumes; unter anderen Umständen würde das Instrument in etwas grösseren Dimensionen ausgeführt worden sein.

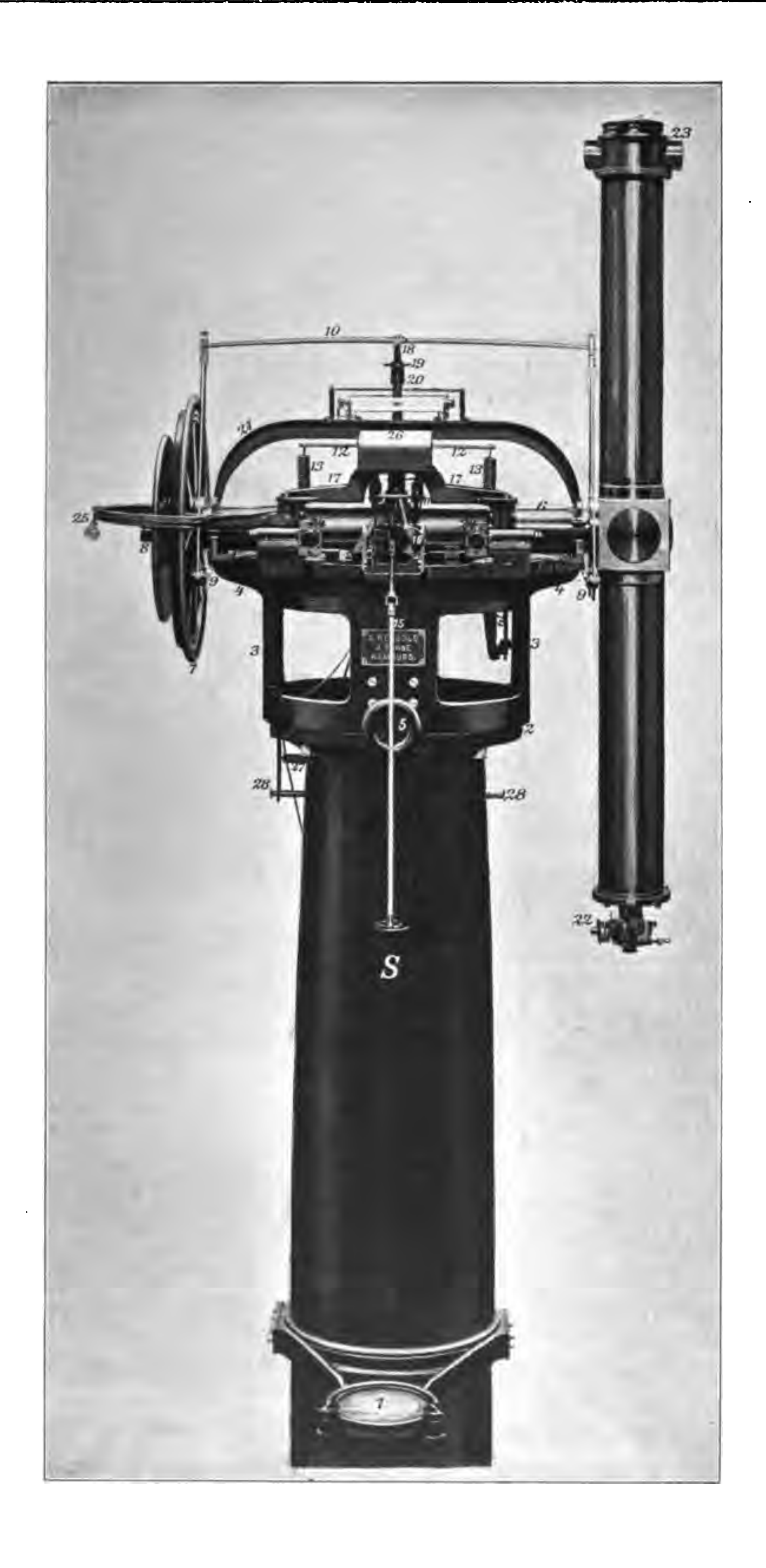
Die stählerne, annähernd zylindrische, von Ost nach West gerichtete Achse trägt am einen Ende das Fernrohr, am andern den von 4 zu 4 Minuten getheilten

---

[1]) *Phil. Mag.* **49.** *S. 337. 1894.*

[2]) Der Preis des Instrumentes wird angenähert 50 M. betragen.

[3]) Nach *Publ. d. v. Kuffner'schen Sternwarte* **4.**



Höhenkreis und eine noch mit als Gegengewicht für das Fernrohr dienende Scheibe. In ihrer Mitte trägt die Achse einen starken Ring, an dem die von beiden Seiten des Instrumentes mittels der Schlüssel *15* und *16* zu handhabende Klemme und Feinschraube angreift. Dieser Ring ist mit einer Hohlkehle versehen, in welcher behufs Führung der Achse zwei Rollen laufen, die von unten durch einen Hebel mit Spiralfeder *14* nach oben gedrückt werden. Zur Entlastung der Achsenlager dient die grosse Feder *10*, welche sich oben auf die gleich näher zu betrachtende Umlegevorrichtung stützt und rechts und links je ein Rollenpaar trägt, auf welchen die Achse mit ihren über die Lager hinausreichenden Enden aufliegt. Diese beiden Rollenpaare zwischen die Achsenlager zu verlegen, wie das sonst meist der Fall ist, schien bei den geringen Dimensionen der Achse von keinem Vortheil zu sein.

In seiner Mitte hat das Kopfstück eine vertikal gerichtete Büchse, welche als Führung für die die Umlegevorrichtung tragende Achse dient. Diese Achse liegt mit einem Ansatz auf einem Halsring und wird mittels desselben und eines am Kopfstück befestigten Winkelhebels durch die Schraube *5* in die Höhe gehoben; der grösste Theil der Last wird dabei durch zwei Gewichte kompensirt, die im Innern der Säule an über Rollen gehenden Schnüren hängen.

Zur Umlegevorrichtung gehört die Brücke *17*, auf der die beiden starken Spiralfedern *13* aufsitzen und mittels des Hebels *12* die Rollen *11* gegen die Fernrohrachse andrücken, sodass diese von der Feder *10* nicht aus dem Achsenlager herausgehoben wird.

Ueber der Brücke *17* steht das Achsenniveau *21*. Beim Umlegen des letzteren dient der von der Brücke in die Höhe gehende zylindrische Stab, auf den sich die Feder *10* stützt, zur Führung. Dieser Stab wird nämlich von einer mit dem Niveau verbundenen zylindrischen Röhre umfasst, die mit einem lose sie umgebenden Kopf *19* und einem fest auf ihr sitzenden Kopf *20* versehen ist. Beim Umlegen des Niveaus wird dieses am Kopf *19* in die Höhe gehoben und dann mit dem Kopf *20* um 180° gedreht.

Am Fernrohr, einem zylindrischen Messingrohr mit Kubus in der Mitte, sind Objektiv und Okular vertauschbar. Ersteres ist von Steinheil; seine Oeffnung beträgt 81 *mm* und seine Brennweite 1,20 *m*. Das Okular ist mit einem Doppelmikrometer für die Messungen im Azimuth und in Höhe versehen und lässt sich dementsprechend in zwei zu einander senkrechten Richtungen verschieben.

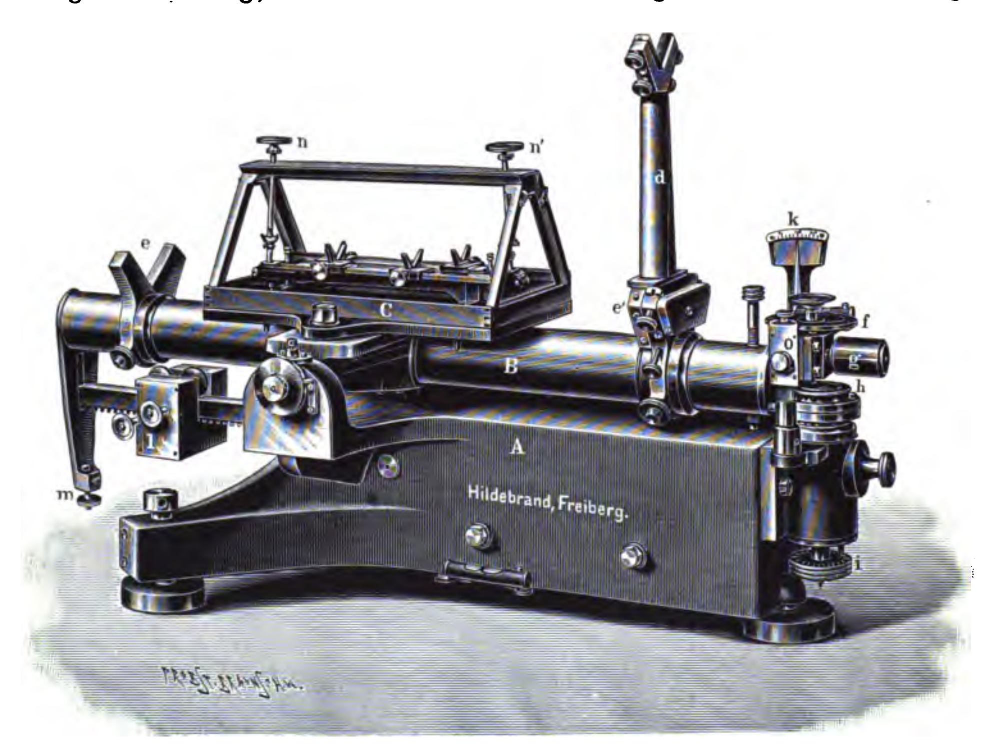
Der Kreis wird durch gebrochene Mikroskope *24* abgelesen, deren zwei nach Süden, zwei nach Norden gerichtet sind. Die Trommeln sind in 60 Theile getheilt, eine Umdrehung ist gleich 2 Minuten.

Zur Beleuchtung dienen drei Glühlämpchen. Eines, *25*, welches vor der Achsenöffnung am Kreis angebracht ist, wirft sein Licht durch die Achse auf einen Spiegel im Kubus, der es nach dem Gesichtsfeld reflektirt. Die beiden andern sitzen hinter dem Schirm *26* und erhellen von unten eine matte Glasscheibe, welche diffuses Licht auf die beiden Niveauröhren wirft. Durch die letzteren Lämpchen wird gleichzeitig auch die Beleuchtung des Kreises und der Mikroskoptrommeln besorgt und zwar die der letzteren von rückwärts, sodass sie im Spiegel abgelesen werden müssen. Die elektrische Leitung ist an die Federkontakte der Umlegevorrichtung geführt und wird bei Hebung desselben selbstthätig geöffnet und bei Niederlassung geschlossen. Mittels des durch die Säule gehenden Schlüssels *28*, welcher auf einen Kohlenwiderstand wirkt, kann die Beleuchtung des Gesichtsfeldes regulirt werden.

Der Hildebrand'sche Niveauprüfer des Königlichen Geodätischen Instituts.

Von
Dr. A. Galle in Potsdam.

Das Bedürfniss, besondere Apparate zur Prüfung der Niveaus anzuwenden, ist bald nach deren Einführung in die allgemeine Praxis hervorgetreten und hat sich mit der wachsenden Empfindlichkeit der Niveaus immer mehr gesteigert. Die älteren Apparate litten aber vorzugsweise an zwei Uebelständen. Denn einmal ruhte auf der Messschraube die Last des Unterlagebrettes und des Niveaus, und dann war es in der Regel nothwendig, das letztere aus seiner Fassung und seiner Verbindung mit



dem Instrument herauszulösen. Dies ist aber bisweilen mit Schwierigkeiten verknüpft und verhindert, das Verhalten und den Theilwerth des Niveaus unter denselben Bedingungen kennen zu lernen, die bei seiner Anwendung vorhanden sind. Der glückliche Gedanke, durch den es Hrn. Professor Bruns gelang, dem ersten Uebelstande abzuhelfen, ermöglicht gleichzeitig, die Niveauprüfer in solcher Festigkeit zu bauen, dass nicht nur die Niveaus in ihrer Fassung, sondern selbst ganze Instrumente aufgesetzt und die Niveaus in der Gebrauchslage untersucht werden können.

Die Grundidee, den eigentlichen Niveauträger auszubalanciren und die Messschraube nur unter dem Drucke eines kleinen Uebergewichts arbeiten zu lassen, wurde zuerst durch den von der damaligen Firma Hildebrand & Schramm im Frühjahr 1883 für die Leipziger Sternwarte ausgeführten Niveauprüfer verwirklicht. Eine eingehende Beschreibung desselben hat Hr. Professor Bruns in *dieser Zeitschrift* ***6****. S. 198. 1886* gegeben.

Die mit diesem Instrument gewonnenen Erfahrungen und eine Anzahl neuerdings herausgebildeter Bedürfnisse haben zur Konstruktion des neuen im Jahre 1892

von Hildebrand in Freiberg i./S. gebauten Instrumentes geführt, das auf der Berliner Gewerbe-Ausstellung im Jahre 1896 vorgeführt wurde und nunmehr in den Besitz des Königlichen Geodätischen Institutes in Potsdam übergegangen ist.

Der Unterbau *A* ist bei dem neuen Niveauprüfer wesentlich massiver geworden und hat Aehnlichkeit mit dem Untertheil eines transportabeln Passageninstrumentes. Er ruht auf drei Füssen, von denen zwei als verstellbare Schrauben konstruirt sind. Nahe diesen Schrauben befinden sich die gestützten Verbreiterungen mit den Lagern für die Achse des eigentlichen Niveauträgers. Aus praktischen Gründen und zur sichereren Führung werden die Achsenenden durch Körnerspitzen festgehalten, deren eine verstellbar ist. Eine getheilte Trommel gestattet, ihre ursprüngliche Stellung immer wiederzufinden.

Der kreuzförmige Niveauträger, dessen Längs- und Querarm ein einziges Gussstück bildet, hat in der Längsrichtung eine Ausdehnung von etwa 76 *cm*, während die Länge des Querarms nicht ganz die Hälfte davon beträgt. Der Längsarm *B* ist ein zylindrisches Rohr von 6 *cm* äusserem Durchmesser und trägt an dem Ende, wo der eine Fuss des Unterbaus sich befindet, in einem Ansatz das Muttergewinde für die Messschraube. Während bei dem früheren Apparat die Entlastung der Körnerspitzen durch einen mit Federdruck von unten gegen die Mitte des Querarms gepressten Stift geschah, ist jetzt ein veränderlicher Druck dieses Stiftes dadurch ermöglicht, dass er durch einen Hebelarm in die Höhe gedrückt wird, der einem Hebelwerk mit zehnfacher Uebertragung (im Innern des Unterbaus) angehört. Eine (in der Figur nicht sichtbare) herabhängende Waagschale dient zur Aufnahme der dem aufgesetzten Instrumente entsprechenden Gewichte. Zur Ausbalancirung des Trägers dient wie früher ein Laufgewicht *l*, das aber jetzt auf zwei Rollen läuft, durch Trieb- und Zahnstangenanordnung bequem verschoben und mit einer Klemmschraube festgestellt werden kann.

Das Obertheil ist in der Mitte zu einem ebenen Tisch geformt. Eine grosse eiserne, dreiflüglige Platte, die darauf geschraubt werden kann, dient zur Aufstellung ganzer Instrumente, deren Füsse in geeignet vorgesehenen Rinnen Halt bekommen. Statt ihrer kann der in der Figur abgebildete Glaskasten *C* aufgesetzt werden, wenn es sich um die gleichzeitige Bestimmung zweier Horrebow-Niveaus handelt. Jedes von ihnen hat eine besondere Unterlage, die um Spitzen mittels der aus dem Kasten hervorragenden Schraubenköpfe *n n'* drehbar ist und verschiebbare Lager zur Aufnahme der Libellen trägt. Um die Stellschrauben vor Verbiegung zu sichern, sind Versicherungsschrauben daneben angebracht (ganz ebenso wie bei der Messschraube des Prüfers, was noch zu erwähnen sein wird). Für gewöhnliche Niveaus dienen verschiebbare Lager *e e'* auf dem Zylinder des Niveauträgers, die unten in einer Nuth laufen und durch je zwei Klemmschrauben festgehalten werden können. Die Auflageflächen des einen (*e'*) können durch Schrauben noch verstellt werden. Dieses gilt auch für die eine der beiden langen Niveaustützen *d*, die für Aufsatzniveaus beigegeben sind und auf jene Niveaulager aufgeschraubt werden.

Um ein Aufstossen des Obertheils bei grosser Kippung zu verhindern, ist an dem freien Ende desselben eine Schraube *m* angebracht, die innen hohl ist und einen Stift und eine Spiralfeder enthält, sodass der unten herausragende Stift auf eine (in der Figur nicht sichtbare) am Pfeiler befestigte Platte mit einem federnden Anschlag aufstösst. Zwischen der Messschraube und dem Lager *e'* befindet sich eine Versicherungsschraube, auf deren Anwendung besonders beim Aufsetzen grosser Instrumente sehr zu achten ist. Nach der Ausbalancirung wird auf den in der Verlängerung des

Niveauträgers hervorragenden Stift das Uebergewicht g von etwa 300 g aufgesteckt und festgeklemmt. Bei der Bewegung des Niveauträgers durch die Messschraube drückt ein Ansatz auf einen Hebel, welcher einen Zeiger bewegt. Die an einem Sektor k abgelesenen Zahlen entsprechen den ganzen Umdrehungen.

Die Messschraube ruht beim Gebrauch auf einer Achatplatte h, die in einer besonderen Fassung in die Oberfläche eines am Untertheil angebrachten kleinen Zylinders eingelassen ist. Da die Schraubenspitze exzentrisch auf der runden Achatplatte sitzt, so kann durch Drehung der Platte der Auflagepunkt verändert werden, falls die Schraube einen Eindruck hervorbringen sollte. In dem kleinen Zylinder befindet sich eine Schraube mit Millimetergewinde, deren Kopf i getheilt ist, und die dazu dient, die Achatplatte zu heben oder zu senken, falls andere Stellen der Messschraube in Anwendung kommen sollen. Zu diesem Zwecke ist auch der feste Index o für die Schraubenablesungen in Höhe verschiebbar eingerichtet. Die Ablesungen an der Schraubentrommel können dazu dienen, die Korrektion zu berechnen, die etwa nöthig werden sollte, wenn die Ablesungen der Messschraube aufhören, den Neigungswinkeln des Niveauträgers streng proportional zu sein. Denn bei normaler Stellung des Prüfers muss ausser der durch zwei am Apparate befindliche und ein beigegebenes Niveau genügend genau zu erreichenden Horizontalität des Apparats (bezw. Vertikalität der Messschraube) noch die Bedingung erfüllt sein, dass die Oberfläche der Achatplatte mit der durch die Achse des Obertheils und das Ende der Messschraube gelegten Ebene zusammenfällt.

Die Messschraube hat ein Gewinde von sehr nahe 0,25 *mm* Ganghöhe, wie sich durch direkte Messung eines Papierabdrucks und Vergleichung mit der Schraube des Töpfer'schen Messapparates des Geodätischen Instituts ergab, deren Ganghöhe zu 0,5 *mm* angenommen wurde. Da der Hebelarm 0,4199 *m* lang gefunden wurde, folgt der Werth eines Theils der auf Wunsch in 120 Theile getheilten Trommel f

$$1^p = 1'',0234.$$

Der grösste Theil des etwa 39 *mm* langen Gewindes ruht beständig in dem Muttergewinde.

Eine genauere Untersuchung der Schraube hat Hr. Dr. Hecker ausgeführt. Sie bezog sich auf periodische und fortschreitende Fehler und die Ermittlung des Theilwerthes, und zwar wurde hierbei der Apparat in verschiedener Weise belastet. Mit Genehmigung von Hrn. Geheimrath Helmert mögen hier die Resultate zusammengestellt werden.

Es wurden der Reihe nach drei Instrumente mit der grossen dreiflügligen Fussplatte aufgesetzt: ein Refraktionsinstrument von 7,25 *kg* Gewicht, ein achtzölliges Universalinstrument von 18,4 *kg* und ein zehnzölliges von 35,0 *kg* Gewicht. Da die Fussplatte 10,6 *kg* wiegt, so wurde in den drei Fällen ein Entlastungsgewicht von 1,785, 2,9 und 4,56 *kg* angewendet. Bei der Beobachtung mass Dr. Hecker mit dem horizontal gerichteten Fernrohr des Instruments auf einer etwa 10 *m* entfernten senkrechten Porzellanskale den Abstand zweier Striche mit Hülfe der Messschraube, stellte darauf mit der Feinbewegung des Instruments wieder den Anfangsstrich ein und setzte die Messung über 18 Umdrehungen der Messschraube fort und wiederholte sie in entgegengesetzter Richtung. Dabei war das Intervall ziemlich genau gleich dem 6. Theil einer Umdrehung gewählt worden.

Die Mittelung der für die 6 nahezu äquidistanten Punkte jeder Umdrehung erhaltenen Messungen können zur Bestimmung des periodischen Fehlers der Schraube

dienen. Der Uebersichtlichkeit wegen habe ich sie mit dem genäherten Theilwerthe $1^p = 1'',025$ in Sekunden angesetzt und folgende Zusammenstellung erhalten.

Mittl. Stellung der Schraube in Theilen einer Umdrehung	I		II		III	
	Messungs-Intervall	Abweichung vom Mittel	Messungs-Intervall	Abweichung vom Mittel	Messungs-Intervall	Abweichung vom Mittel
0,09	20'',459	— 0'',001	20'',557	— 0'',051	20'',512	— 0'',040
0,25	474	— 16	506	0	415	+ 57
0,42	422	+ 36	460	+ 46	506	— 34
0,59	432	+ 26	466	+ 40	466	+ 6
0,75	488	— 30	540	— 34	460	+ 12
0,92	471	— 13	506	0	472	0

im Mittel aus den drei Reihen:

Stellung der Schraube	Messungs-Intervall	Abweichung vom Mittel
0,09 U.	20'',509	— 0'',030
0,25	465	+ 14
0,42	463	+ 16
0,59	455	+ 24
0,75	496	— 17
0,92	483	— 4

Es geht daraus hervor, dass ein allerdings geringer periodischer Fehler vorhanden ist.

Werden dagegen die 6 innerhalb jeder Umdrehung erhaltenen Werthe gemittelt, die selbst Mittelwerthe aus Vorwärts- und Rückwärts-Messung sind, so erhält man folgende Uebersicht.

	I		II		III	
	Messungs-Intervall	Abweichung vom Mittel	Messungs-Intervall	Abweichung vom Mittel	Messungs-Intervall	Abweichung vom Mittel
— 9 U.	20'',43	+ 0'',03	20'',50	+ 0'',01	20'',43	+ 0'',05
— 8	47	— 1	59	— 8	53	— 5
— 7	47	— 1	42	+ 9	47	+ 2
— 6	43	+ 3	50	+ 1	48	0
— 5	43	+ 3	43	+ 8	53	— 5
— 4	43	+ 3	50	+ 1	50	— 2
— 3	48	— 3	55	— 4	47	+ 2
— 2	45	+ 1	47	+ 4	47	+ 2
— 1	43	+ 3	53	— 3	52	— 4
0	47	— 1	48	+ 3	48	0
+ 1	48	— 3	48	+ 3	57	— 9
+ 2	48	— 3	55	— 4	45	+ 3
+ 3	48	— 3	52	— 1	53	— 5
+ 4	43	+ 3	59	— 8	43	+ 5
+ 5	48	— 3	52	— 1	43	+ 5
+ 6	43	+ 3	57	— 6	50	— 2
+ 7	45	+ 1	45	+ 6	43	+ 5
+ 8	52	— 6	52	— 1	45	+ 3

Es hat sich demnach ein fortschreitender Fehler der Schraube nicht nachweisen lassen. Zur Bestimmung des periodischen Fehlers schlug Dr. Hecker noch ein

zweites Verfahren ein. Er setzte auf den Niveauprüfer einen Quecksilberhorizont und bedeckte ihn mit einer durchbrochenen Platte, auf die ein gut geschliffenes Prisma mit einer Kathetenfläche aufgelegt wurde. Die Reflexion an der Hypotenusenfläche gab bei Benutzung der Poggendorff'schen Methode der Beobachtung mit Fernrohr und Skale die vierfache Neigungsänderung des Niveauprüfers. Die Poggendorff'sche Methode wurde jedoch dahin abgeändert, dass die Verschiebungen eines im Prisma reflektirten künstlichen Sternes mit dem Okularmikrometer des Fernrohres gemessen wurden. Um von dem nach früheren Untersuchungen kleinen periodischen Fehler des Mikrometers unabhängig zu werden, wurde bei der Rückwärtsmessung von einer um 0,5 Umdrehungen desselben verschiedenen Ausgangsstellung ausgegangen.

Dieses Verfahren wurde über 3 Umdrehungen ausgedehnt und von Zehntel zu Zehntel Umdrehung der Prüferschraube durchgeführt und ergab keinen deutlich ausgesprochenen periodischen Fehler.

Die Bestimmung des Theilwerthes wurde ebenfalls bei wechselnder Belastung ausgeführt. Es ergab sich bei Anwendung eines Belastungsgewichtes von

5,10 *kg*	1^p = 1,0241″
17,85	1,0241
29,00	1,0249
45,60	1,0253 ,

sodass eine kleine Zunahme mit der Belastung angedeutet ist, womit auch der oben durch Ausmessung der unbelasteten Schraube erhaltene Werth übereinstimmen würde. Die Erklärung einer Abhängigkeit von der Belastung könnte wohl nur in einer minimalen Durchbiegung der Achse gefunden werden.

Auf Grund der vorstehenden Untersuchungen wird man den Hildebrand'schen Niveauprüfer als ein Instrument bezeichnen dürfen, das seiner Aufgabe völlig gerecht wird.

Prüfungsbestimmungen für Thermometer.

Ueber die Prüfung von Thermometern hat die Physikalisch-Technische Reichsanstalt die nachstehenden Bestimmungen erlassen[1]), welche vom 1. April 1898 ab an die Stelle der unterm 9. Oktober 1888 (vgl. *diese Zeitschr.* **8.** *S. 25. 1888*) bekannt gegebenen Vorschriften treten:

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt — Abtheilung II — und die ihrer technischen Kontrole unterstehende Grossherzoglich Sächsische Prüfungsanstalt für Glasinstrumente zu Ilmenau führen die Prüfung von Thermometern auf Grund der nachstehenden Bestimmungen aus.

I. Vorbemerkungen.

§ 1.

Zur Prüfung zugelassen sind Thermometer aus Glas, welche mit Quecksilber, Alkohol, Toluol oder einer anderen geeigneten Flüssigkeit gefüllt sind.

Sie werden unterschieden als:

a) Haupt-Normalthermometer;

b) Thermometer für wissenschaftliche Zwecke (Laboratoriumthermometer);

c) Thermometer für meteorologische Zwecke und Siedethermometer für Höhenbestimmungen;

[1]) *Centralblatt f. d. Deutsche Reich* **26.** *S. 76. 1898.*

d) Thermometer für gewerbliche Zwecke (Fabrikthermometer);

e) Thermometer für ärztliche Zwecke und

f) Thermometer für häuslichen Gebrauch (Fenster-, Zimmer-, Badethermometer u. s. w.).

Die *Haupt-Normalthermometer* werden nur von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, die Thermometer *für häuslichen Gebrauch* nur von der Grossherzoglich Sächsischen Prüfungsanstalt zu Ilmenau geprüft.

Ueber die Zulassung anderer Thermometer entscheidet, soweit nicht im Folgenden dafür bereits Bestimmungen vorgesehen sind, die Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Jedoch können Anträge auf Zulassung auch bei der Prüfungsanstalt in Ilmenau gestellt werden.

Bei allen zur Prüfung eingereichten Thermometern müssen Konstruktionsfehler vermieden sein, welche Unsicherheiten und Unstetigkeiten in den Temperaturangaben veranlassen können oder die Ablesbarkeit erschweren.

§ 2.

Die Prüfung zerfällt in die *Vorprüfung* und *Hauptprüfung*. Erstere erstreckt sich auf die in §§ 4 bis 10 aufgeführten allgemeinen Bestimmungen, letztere umfasst die eigentliche thermometrische Untersuchung und beginnt mit einer mindestens achttägigen Beobachtung der Thermometer hinsichtlich der Unveränderlichkeit ihrer Angaben (durch Eispunktsbestimmungen oder dergl.).

Die weitere Prüfung erfolgt sodann, je nach Beschaffenheit der zu prüfenden Instrumente,

a) durch Bestimmung des Fundamentalabstandes, durch Kalibrirung und Vergleichungen mit Normalthermometern oder

b) nur durch Vergleichung mit Normalthermometern in Temperaturbädern.

Wenn es die Eintheilung des Thermometers zulässt, wird stets die Grösse der Eispunktsdepression bestimmt und in dem Prüfungsscheine (vgl. § 17) angegeben.

Bei der Prüfung von Maximum- oder Minimumthermometern (für ärztliche, meteorologische oder andere Zwecke) treten zu den unter b) angegebenen Vergleichungen Kontrolversuche zur Feststellung ihres sicheren Funktionirens hinzu. Die in beiden Prüfungsreihen ermittelten Fehler dürfen bei Eintheilung dieser Thermometer in

$^1/_{10}$ oder $^1/_5{}^0$ um nicht mehr als 0,08° C.
$^1/_1$ „ $^1/_2{}^0$ „ „ „ „ 0,2° „

von einander abweichen.

Die Unterschiede der Angaben, welche die Maximumthermometer *in* der betreffenden Temperatur und *nach* ihrem Erkalten zeigen, dürfen bei ärztlichen Thermometern nicht mehr als 0,15° C. betragen. Für Maximumthermometer anderer Art berechnen sich die zulässigen Unterschiede aus der Länge der betreffenden Quecksilberfäden.

Die Prüfung hat sich auch darauf zu erstrecken, ob die Maximum-Vorrichtung dem Herunterschleudern des Quecksilberfadens keinen zu grossen Widerstand leistet.

§ 3.

Die zu Grunde gelegte Temperaturskale ist diejenige des Wasserstoffthermometers, wie sie durch Beschluss des *Bureau international des Poids et Mesures* vom 15. Oktober 1887 für das internationale Maass- und Gewichtswesen angenommen worden ist (vgl. die Anmerkung zu § 12. S. 80).

II. Allgemeine Bestimmungen.

§ 4.

Das zur Herstellung der Thermometer benutzte Glas soll möglichst geringe thermische Nachwirkung haben. Sofern Glassorten zur Verwendung kommen, deren thermisches Verhalten nicht hinreichend bekannt ist oder sich als ungünstig erweist, müssen die Thermometer vor der Prüfung 1 bis 4 Monate ablagern. In diesem Falle werden die Einsender hiervon benachrichtigt.

Thermometer, welche in Temperaturen über 100° C. zu prüfen sind, sowie alle *feineren* in § 1 unter a), b), c) genannten Thermometer müssen vor der Einlieferung einem künstlichen

Alterungsverfahren unterworfen worden sein Dasselbe besteht je nach der Höhe ihrer Temperaturangaben in einer 10- bis 30-stündigen Erhitzung auf die höchste Temperatur, welche sie anzeigen sollen, und einer darauf folgenden langsamen Abkühlung. Bei Einreichung der Thermometer ist demgemäss die Erklärung, dass die Erhitzung stattgefunden hat, beizufügen.

Hochgradige Thermometer bis 550° C. sind aus dem Jenaer Borosilikatglas 59 III oder einem ähnlich schwer schmelzbaren Glase herzustellen; solche für Temperaturen bis 420° C. können auch aus dem Jenaer Normal-Thermometerglas 16 III (mit rothviolettem Streifen) oder aus dem Greiner & Friedrichs'schen Resistenzglas (mit blauem Streifen) hergestellt sein.

§ 5.

Die Kapillarröhre muss rein sein und ein gleichmässig verlaufendes Kaliber haben. Thermometer der Gruppen § 1 a), b), c), d) sollen am oberen Ende der Kapillare eine birnförmige Erweiterung besitzen. In dem Kapillarrohr selbst aufgeblasene Erweiterungen müssen zweckentsprechend und ohne Verengerung der anliegenden Kapillarrohrtheile (falls solche Verengerungen nicht einem besonderen Zwecke dienen) gestaltet sein, um die Abtrennung von Quecksilber auf dem Transport oder beim Gebrauche der Instrumente zu verhindern. Das obere Ende der Kapillare soll frei sichtbar sein und darf durch die Verschlusskappe nicht verdeckt werden.

§ 6.

Das Quecksilber muss rein und trocken sein, sodass beim Zurückgehen des Fadens an keiner Stelle der Kapillare sich Theilchen von ihm abtrennen. Die Quecksilbersäule darf beim *stossfreien* Umkehren des Thermometers weder nach dem Ende der Kapillare fliessen, noch sich in Theile trennen. Ausgenommen hiervon sind Thermometer mit besonders langem oder breitem Faden und solche mit aussergewöhnlich grossem Gefäss.

Andere zur Füllung der Thermometer benutzte Flüssigkeiten müssen von solcher Beschaffenheit sein, dass beim Zurückgehen des Flüssigkeitsfadens weder sichtbare Tropfen zurückbleiben, noch der etwa verwendete Farbstoff sich aussondert.

Die Anwendung von Flüssigkeiten mit zu niedrigem Siedepunkt ist wegen der Möglichkeit des Abdestillirens nach dem Ende der Kapillare zu vermeiden.

Thermometer für Temperaturmessungen über 280° C. müssen oberhalb des Quecksilbers mit einem trockenen Gase (Stickstoff, Kohlensäure oder dergl.) von entsprechendem Drucke gefüllt sein.

§ 7.

Die Skalentheilung soll ohne augenfällige Eintheilungsfehler in dauerhafter Weise ausgeführt sein und bei Einschlussthermometern möglichst nahe an der Kapillarröhre anliegen, damit an allen Stellen eine sichere und unzweideutige Ablesung sich ausführen lässt.

Bei Stabthermometern soll die Länge der kürzesten Theilstriche im Allgemeinen wenigstens $^1/_6$ des Rohrumfanges betragen.

Die Theilung soll durch die Worte „hundertheilig", „Celsius" oder dergl. in ihrer Art gekennzeichnet und deutlich beziffert sein. Erweiterte Theile des Kapillarrohrs dürfen nicht mit einer Theilung versehen sein.

Die Theilung soll über das zu benutzende Temperaturintervall nicht *unnöthig weit* hinausreichen. Oberhalb der höchsten und unterhalb der niedrigsten zu prüfenden Skalenstelle müssen jedoch stets noch einige Theilstriche vorhanden sein.

Thermometer mit Réaumur-Skalen sind von der Prüfung ausgeschlossen. Eine Ausnahme hiervon bilden bis zum Schlusse des Jahres 1900 die Thermometer für gewerbliche Zwecke (s. § 1 d).

§ 8.

Die Skale der Einschlussthermometer soll sicher und unverrückbar befestigt sein, jedoch muss sie sich nach einer Richtung hin gegen das Umhüllungsrohr frei ausdehnen können, ohne Durchbiegungen zu erleiden. Thermometer mit Papierskalen werden nur bis 60° C. geprüft.

Die Lage der Skale gegen die Kapillare oder das Umhüllungsrohr soll durch eine Strichmarke kontrolirbar sein. Letztere ist, wenn angängig, auf der *rechten* Seite des Thermometers anzubringen und darf die Ablesung an der betreffenden Stelle nicht erschweren.

Das Umhüllungsrohr von Einschlussthermometern soll, soweit nicht bei den besonderen Bestimmungen (§§ 11 bis 16) Abweichungen zugelassen sind, oben zugeblasen oder mit einer zweiten Strichmarke in der Nähe des Endes der Skale versehen sein.

§ 9.

Thermometer mit abnehmbaren freiliegenden Skalen sind nur unter den Gattungen d) und f) (Fabrikthermometer und Thermometer für häuslichen Gebrauch) zulässig. Die Röhren solcher Thermometer müssen unverrückbar befestigt sein, dicht an den Skalen anliegen oder in dieselben eingelassen sein und zur Kontrole ihrer Lage Strichmarken haben. Die Befestigung der Röhren muss so eingerichtet sein, dass letztere sich zur Prüfung und Stempelung abnehmen lassen.

Bei den Thermometern mit freiliegenden Skalen werden ausser den Thermometerröhren auch die Skalen gestempelt (vgl. § 17).

§ 10.

Die Thermometer können Angaben einer Fabriknummer, Firma, Handelsmarke oder dergl. tragen. Sinnwidrige Aufschriften und solche, welche mit den Prüfungsergebnissen in Widerspruch stehen, sind unzulässig.

Maximum- und Minimumthermometer sollen durch Aufschrift als solche gekennzeichnet sein.

Auf jedem Thermometer muss genügend freier Raum zur Aufbringung des Stempels (vgl. § 17) und etwaiger anderweitiger Bezeichnungen (vgl. § 18) vorhanden sein.

III. Besondere Bestimmungen.

Im Nachstehenden sind die Prüfungsanforderungen und zulässigen Fehlergrenzen für die verschiedenen im § 1 aufgeführten Gattungen von Thermometern angegeben.

§ 11.

Hauptnormalthermometer müssen fundamental bestimmbare Quecksilber-Thermometer sein, d. h. die Punkte 0 und 100 auf ihrer Skale enthalten und in sich kalibrirbar sein. Ihre Prüfung erfolgt ausschliesslich durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

Die Theilung dieser Thermometer muss gleichförmig fortschreiten, d. h. ohne Berücksichtigung der Kaliberfehler ausgeführt sein. Etwaige Theilungsfehler dürfen nicht mehr als $^1/_{20}$, die Strichbreite darf nicht mehr als $^1/_{10}$ des kleinsten Intervalls betragen.

Die Kapillarröhre muss am oberen Ende eine birnförmige Erweiterung haben und luftleer sein. Die Untersuchung dieser Thermometer wird innerhalb der Temperaturgrenzen — 30° bis + 100° C., und zwar wenigstens von 10° zu 10°, ausgeführt.

Die Fehlergrenzen betragen:

1. Für den Fundamentalabstand 0,10° C.;
2. für die Kaliberfehler als Differenz der grössten Abweichungen 0,25° C.;
3. Die Depression des Eispunkts nach halbstündiger Erwärmung auf 100° C. darf 5 Minuten nach der Einbettung des Thermometers in Eis nicht mehr als 0,10° C. betragen.

In der Prüfungsbescheinigung werden die Korrektionen für Kaliber, Fundamentalabstand, Eispunkt, Reduktion auf das Gasthermometer einzeln in 0,001° und die Gesammtfehler auf 0,01° abgerundet angegeben.

§ 12.

Als *Laboratoriumthermometer* werden die für wissenschaftliche oder technische Untersuchungen in Laboratorien bei Temperaturmessungen zwischen — 80° und + 550° C. dienenden Thermometer bezeichnet[1]).

Die Fehlergrenzen betragen:

für das Temperaturintervall	bei Eintheilung der Skale in:	
	ganze oder vielfache eines Grades	Unterabtheilungen eines Grades
von — 80° bis — 30°	2° C.	1° C.
„ — 30 „ 0	1	0,5
„ 0 „ 100	0,5	0,25
„ 100 „ 200	1	0,5
„ 200 „ 300	2	1
„ 300 „ 400	3	2
„ 400 „ 550	5	4

Die Prüfung erfolgt bei Eintheilung in

1/10° C. wenigstens von 10 zu 10°,
1/5° „ „ „ 15 „ 15°,
1/2 oder 1/1° „ „ „ 20 „ 20°, wenn die Länge von 10° mehr als 40 *mm* beträgt,
1/2 „ 1/1° „ „ „ 25 „ 25°, wenn die Länge von 10° mehr als 20 *mm* und weniger als 40 *mm* beträgt,
1/2 „ 1/1° „ „ „ 50 „ 50°, wenn die Länge von 10° mehr als 8 *mm* und weniger als 20 *mm* beträgt,
1/2 „ 1/1° „ „ „ 100 „ 100°, wenn die Länge von 10° weniger als 8 *mm* beträgt.

§ 13.

1. Als *meteorologische Thermometer* werden die zur Bestimmung der Temperatur der Luft, der Gewässer, des Erdbodens, der Sonnenstrahlung, des Thaupunkts u. s. w. dienenden Thermometer bezeichnet.

Die Skale kann jedes beliebige Intervall zwischen den Grenzen — 70 und + 100° C. umfassen.

Die Prüfung geschieht:

bei Eintheilung in		Fehlergrenze
1/5 oder 1/10° C.	wenigstens von 10 zu 10°	wie in § 12
1/2 „ 1/1° „	„ „ 20 „ 20°	angegeben.

2. *Siedethermometer* für Höhenbestimmungen dürfen sowohl nach Graden C., wie nach Millimeter der Spannung des Wasserdampfs unter verschiedenen Drucken getheilt sein und das Intervall von + 70° bis 102° C. umfassen, auch eine Hülfstheilung in der Nähe des Nullpunkts haben. Um bei längerem Gebrauche dieser Thermometer auf Forschungsreisen nachträgliche Standänderungen möglichst auszuschliessen, ist es nothwendig, dass die Instrumente vor ihrer Einreichung einem künstlichen Alterungsverfahren unterworfen werden (vgl. § 4).

Die Prüfung geschieht wenigstens von 4° zu 4° oder bei Millimetertheilung wenigstens von 50 zu 50 *mm*. Die Fehler dürfen 0,1° C. bezw. 3 *mm* nicht überschreiten. Ist eine Hülfstheilung bei 0° vorhanden, so wird die Depression des Eispunkts nach halbstündiger Erwärmung des Thermometers auf 100° bestimmt; sie darf nicht mehr als 0,1° C. betragen. Ist jedoch eine solche Hülfstheilung nicht vorhanden, so wird die Depression eines der untersten Punkte der Skale bestimmt.

---

[1]) Für Temperaturen über 100° C. gilt bis auf Weiteres die Luftthermometerskale, da sich die internationale Vereinbarung (vgl. § 3) nur auf das Intervall von 0° bis 100° erstreckt und die Vergleichungen mit dem Wasserstoffthermometer über 100° zur Zeit noch nicht abgeschlossen sind.

§ 14.

Die Prüfung der sehr verschiedenartig gestalteten *Thermometer für gewerbliche Zwecke*, welche zum Theil ungewöhnlich grosse Dimensionen haben, wird nur insoweit übernommen, als es die vorhandenen Prüfungseinrichtungen zulassen.

Für diese Thermometer gelten die doppelten Beträge der in § 12 aufgeführten Fehlergrenzen.

Thermometer aus nachwirkungsfreiem Glase bis 100° C., deren Fehler überall weniger als 0,05° C. betragen, können als „fehlerfrei" bezeichnet werden. Die Anzahl der zu prüfenden Skalenstellen wird nach den in demselben Paragraphen angegebenen Bestimmungen festgesetzt, soweit nicht Thermometer von ungewöhnlicher Länge in Frage kommen.

Bei langen Fabrikthermometern muss die Verbindungskapillare zwischen Gefäss und Skale so fein gewählt werden, dass die Angaben des Thermometers durch die Temperatur des Halses, im Verhältniss zu der bei diesen Instrumenten erforderlichen Genauigkeit, nicht merklich beeinflusst werden. Wird die Prüfung in höheren Temperaturen verlangt, so sind Fabrikthermometer, welche mit einem längeren Halse versehen sind, dessen Inhalt nicht auf andere Weise zuverlässig bestimmt werden kann, vor der Füllung unter Druck zur Feststellung des Inhalts der Verbindungskapillare einzureichen.

§ 15.

Die Skale *ärztlicher Thermometer* soll im Allgemeinen Temperaturen von 36° bis 42° C. umfassen und in $^1/_{10}$° C. getheilt sein. Die Länge eines Grades darf nicht weniger als 3,5 *mm* betragen.

Aerztliche Einschlussthermometer sollen oben zugeschmolzen sein; doch werden bis zum 1. April 1899 auch noch oben zugesiegelte Thermometer zugelassen. Erstere sind mit einer Strichmarke bei 38°, letztere ausserdem mit einer zweiten bei 41° zu versehen.

Die Prüfung findet mindestens an 3 Skalenstellen statt. Bei einem Skalenumfang von mehr als 10° wird für je 3° noch eine Skalenstelle mehr geprüft.

Die Fehler dürfen 0,1° C. nicht überschreiten; ärztlichen Thermometern aus nachwirkungsfreiem Glase wird, wenn die Fehler an allen geprüften Skalenstellen weniger als 0,05° C. betragen, die Bezeichnung „fehlerfrei" aufgeätzt und ein entsprechender Prüfungsschein beigegeben. Auf besonderen Wunsch kann dies jedoch unterbleiben.

Maximumthermometer, welche auf der Skale als „Minutenthermometer" bezeichnet sind, sollen die Temperatur eines Wasserbades von 40° in längstens 1 Minute annehmen. Diese Thermometer erhalten besondere Prüfungsbescheinigungen, in denen über die grössere Empfindlichkeit nähere Angaben enthalten sind.

Thermometer mit der Aufschrift „Sekundenthermometer" sind unzulässig.

Zeigerthermometer nach Immisch oder ähnliche Thermometer werden zur Prüfung zugelassen unter sinngemässer Anwendung der für die übrigen ärztlichen Thermometer gültigen Vorschriften.

Aerztliche Thermometer mit Theilung nach Fahrenheit können, in Rücksicht auf den Export, zur Prüfung zugelassen werden.

§ 16.

Die Prüfung der *Thermometer für häuslichen Gebrauch* wird ausschliesslich von der Grossherzoglich Sächsischen Prüfungsanstalt für Glasinstrumente in Ilmenau ausgeführt.

Diese Thermometer dienen zur Messung der Lufttemperatur im Zimmer und im Freien, der Temperatur von Bädern u. s. w.

Die Skalentheilung der Zimmerthermometer soll sich nicht über die Temperaturgrenzen — 10° und + 50° C., die der Fensterthermometer nicht über — 40° und + 60° C., die der Weingeist- u. s. w. Thermometer nicht über — 60° und + 60° C. erstrecken.

Die Thermometer für häuslichen Gebrauch dürfen ausserhalb der Skale Angaben haben, welche geeignet sind, die Umrechnung der Grade der geprüften Skale in die Grade einer anderen Skale zu erleichtern.

Die Eintheilung der Fensterthermometer mit freiliegenden Skalen soll dauerhaft und witterungsbeständig ausgeführt, und das Thermometerrohr soll sicher und unverrückbar, jedoch abnehmbar, an der Skale befestigt sein.

Die Thermometer werden an drei Skalentheilen von 20° zu 20° geprüft, wenn die Länge von 10° nicht mehr als 50 *mm* beträgt. Bei grossem Skalenumfang (über 60°) oder zu bedeutender Gradlänge wird die Anzahl der zu prüfenden Skalenstellen entsprechend vermehrt.

Die Fehler sollen

in Temperaturen über 0° 1/4° C.,
" " unter 0° 1/2° "

nicht übersteigen; sie werden im Allgemeinen bei den gewöhnlichen Quecksilber- oder Weingeist- u. s. w. Thermometern auf Zehntelgrade abgerundet.

Thermometer aus nachwirkungsfreiem Glase, deren Fehler überall weniger als 0,1° betragen, können als „fehlerfrei" gekennzeichnet werden.

Die Thermometer nach Six und solche Thermometer, welche in einer Röhre 2 Flüssigkeiten enthalten und mit zwei Skalen versehen sind, sollen an beiden Skalen mindestens bis auf 1/4° C. übereinstimmend anzeigen.

Die Abrundung der Fehlerangabe erfolgt auf Fünftel-Grade.

IV. Prüfungsbescheinigung, Gebühren und Abfertigungsfristen.

Thermometer, welche mit Prüfungsscheinen versehen werden, erhalten als Kennzeichen der vollzogenen Prüfung seitens der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

den Reichsadler und PTR,

seitens der Grossherzoglich Sächsischen Prüfungs-Anstalt zu Ilmenau

den Reichsadler und GS.

Ausserdem erhalten sie eine laufende Nummer, mit welcher *alle* eingereichten Instrumente, mit Ausnahme unzulässig befundener ärztlicher Thermometer, versehen werden.

Bei den in § 1 unter a), b), c), d) aufgeführten Thermometern wird ausserdem noch die Jahreszahl hinzugefügt.

Die Prüfungsscheine enthalten neben der Angabe der thermometrischen Fehler erforderlichenfalls auch Mittheilungen über die Art und Verwendung der betreffenden Thermometer.

Die Abrundung der durch die Prüfung ermittelten thermometrischen Fehler richtet sich nach der Art der Eintheilung und nach dem Ergebniss der Prüfung, sofern nicht für die einzelnen Klassen von Thermometern ein besonderes Verfahren in den vorstehenden Bestimmungen vorgeschrieben ist.

Die ermittelten Fehler werden in der Regel auf *ganz* eintauchenden Flüssigkeitsfaden und auf vertikale Lage des Thermometers bezogen.

Bedingt der Gebrauch der Thermometer dagegen, dass der Flüssigkeitsfaden aus dem Raume herausragt, dessen Temperatur gemessen werden soll, so muss bei der Einreichung angegeben werden, wie tief das Thermometer in das Temperaturbad eintaucht, und welche mittlere Temperatur für den herausragenden Faden angenommen werden kann.

§ 18[1]).

1. *Haupt-Normalthermometer* durch Kalibrirung von 10° zu 10° zwischen 0° und 100° C. . . . . 20,00 M.

Für jeden weiteren Punkt mehr . . . . 1,00 "

[1]) Die in nachstehendem Paragraphen angegebenen Prüfungsgebühren werden entsprechend dem Mehraufwand an Zeit und Material erhöht, wenn die Prüfung und Ablesung der Thermometer in Folge ihrer Konstruktion erschwert ist.

Für Bestimmung der Depressionskonstanten, der Druckkoëffizienten und ähnliche andere Prüfungsarbeiten nach Massgabe der aufgewendeten Zeit pro Stunde . . . . 3,00 M.

2. *Laboratoriumthermometer*, *meteorologische Thermometer und Siedethermometer* für Höhenbestimmungen.

a) Für jede Prüfung *einer* Skalenstelle:

in Temperaturen	bei Abrundung der Fehler	
	auf weniger als 0,1°	auf 0,1° oder mehr
zwischen — 80° und — 30° C.	—	1,00 M.
„ — 30 „ 0 „	0,75 M.	0,50 „
„ 0 „ 50 „	0,25 „	0,15 „
„ 50 „ 100 „	0,50 „	0,40 „
„ 100 „ 200 „	0,75 „	0,60 „
„ 200 „ 300 „	1,00 „	0,80 „
„ 300 „ 400 „	—	1,00 „
„ 400 „ 550 „	—	1,50 „

b) Für besondere Untersuchung der Extremvorrichtung bei meteorologischen Maximum- und Minimumthermometern ausserdem . . . . 0,30 M.

c) Für Thermometer mit variabler Quecksilberfüllung (z. B. Beckmann'sche Thermometer) bei einem Skalenumfange von 5° bis 6°:
Einfache Kalibrirung von Grad zu Grad . . . . 5,00 „
Vollständige Kalibrirung von 0,5° zu 0,5° . . . . 15,00 „
Vollständige Kalibrirung von 0,5° zu 0,5° und Angabe der Korrektionen von 0,1° zu 0,1° . . . . 20,00 „
Eine zugehörige Gradwerthbestimmung . . . . 3,00 „
Jede fernere Gradwerthbestimmung . . . . 1,00 „

d) Für Insolations- und andere Thermometer, welche wegen ihrer besonderen Konstruktion einen aussergewöhnlichen Zeitaufwand erfordern, nach Massgabe der darauf verwendeten Zeit, mindestens jedoch pro Punkt . . . . 0,75 „

e) Für Auskühlen (künstliches Altern) *eines* Thermometers pro 100° C. Skalenumfang . . . . 1,00 „
Für jedes weitere Instrument gleicher Art . . . . 0,50 „

3. *Gewerbliche Thermometer.*

a) Kellerthermometer an 3 Stellen . . . . 0,50 „
b) Mischthermometer an 5 Stellen . . . . 1,30 „
c) Stockthermometer (zwischen 0° und 100°) an 5 Stellen . . . . . 1,50 „
d) im Uebrigen Gebühren wie unter 2.

4. *Aerztliche Thermometer*[1]).

	bei der Phys.-Techn. Reichsanstalt	bei der Grossh.-Sächs. Prüfungsanstalt
a) Gewöhnliche ärztliche Thermometer an 3 Stellen . . .	0,60 M.	0,50 M.
b) Aerztliche Maximumthermometer an 3 Stellen	0,70 „	0,60 „
c) Aerztliche Minutenmaximum-Thermometer an 3 Stellen	1,00 „	0,80 „
d) Jede weitere Skalenstelle mehr	0,15 „	0,15 „
e) Für Zeigerthermometer pro Stück	1,00 „	1,00 „

[1]) Vergl. die Anmerkung auf S. 82.

5. *Thermometer für häuslichen Gebrauch.*
a) Zimmerthermometer an 3 Skalenstellen (jedoch nicht unter 0°) . . 0,50 M.
b) Fensterthermometer an 3 Skalenstellen (1 Stelle unter 0°) . . . . 0,75 „
c) Zimmerthermometer nach Six an 3 Skalenstellen . . . . 0,75 „
d) Fensterthermometer nach Six an 3 Skalenstellen . . . . 1,00 „
Bei einem Skalenumfang über 60° Gebühren wie unter 2.
6. *Thermometer, welche als unzulässig zurückgewiesen werden.*
a) bei der Vorprüfung pro Stück . . . . 0,15 M.
b) bei der Hauptprüfung ärztlicher Thermometer pro Stück . . . . 0,20 „
c) bei der Hauptprüfung anderer Thermometer pro Stück . . 0,20 bis 1,50 „
je nach der aufgewendeten Arbeitszeit.
7. a) Für die Aufbringung der amtlichen Nummer, für Stempelung und Ausstellung eines Prüfungsscheins gelangen Gebühren nicht zur Erhebung; jedoch wird für die Ausfertigung eines Prüfungsscheins für ärztliche Thermometer mit Uebersetzung in fremder Sprache ein Zuschlag von 0,05 M. erhoben.
b) Für Abschrift eingesandter alter Scheine pro Stück . . . . . . 0,10 M.
c) Für Neuausfertigung verloren gegangener Scheine
bei ärztlichen Thermometern pro Stück . . . . 0,25 „
bei anderen Thermometern . . . . 0,50 „
8. Für Aufbringung der Unterscheidungsnummern vor der Prüfung (vgl. § 20, Nr. 3) pro 10 Stück . . . . 0,05 „
9. Aufätzen einer Strichmarke oder einer der in § 7 und § 10 vorgeschriebenen Bezeichnungen pro Stück . . . . 0,10 „
10. Für Beschädigungen bei der Prüfung und Abfertigung der Thermometer kann Ersatz nicht beansprucht werden.

§ 19.

Die Prüfung der Thermometer wird nach der Reihe des Einganges, bezw. des Datums des Poststempels ausgeführt; die Vorprüfung erfolgt unmittelbar nach Eingang der betreffenden Thermometer, ihre Abfertigung je nach der Geschäftslage und dem Umfange der Prüfung innerhalb von 3 bis 4 Wochen.

V. Anhang.

§ 20.

1. Aerztliche Thermometer, welche *ohne* Hülsen zur Prüfung eingesandt werden, sind *einzeln mit Seidenpapier zu umwickeln* und entweder schichtweise zwischen Holzwolle in die Kiste einzulegen, oder sie sind zu je 10 bis 20 Stück in Pappkästchen zu verpacken, und diese zwischen Holzwolle in die Kiste einzusetzen.

Werden hingegen die Thermometer in ihren zugehörigen Hülsen verschickt, so können diese unmittelbar in Holzwolle gelegt werden.

Die zur Verpackung benutzten Kisten müssen entsprechend hoch, wenigstens 30 *cm* lang und 15 *cm* breit im Lichten sein, um bei der Rücksendung auch noch die Prüfungsscheine aufnehmen zu können. Falls diese in der Kiste nicht untergebracht werden können, müssen sie als Brief oder bei grösserer Anzahl als Packet gesandt werden, wodurch Mehrausgaben entstehen.

2. Für die Verpackung von Normalthermometern u. s. w. gilt im Wesentlichen das vorstehend Gesagte, nur dass hierbei mit noch *mehr Sorgfalt* zu verfahren ist, da diese Instrumente ihrer grösseren Länge wegen mehr der Gefahr des Bruches ausgesetzt sind. Es empfiehlt sich, *feinere, besonders werthvolle Instrumente stets in Etuis* zu verpacken und vorher sorgfältig mit Seidenpapier oder Watte zu umwickeln.

3. Die Thermometer sowohl wie ihre Hülsen sollen zur leichteren Unterscheidung bei der Prüfung mit einer Nummer versehen sein, welche anderenfalls gegen die im § 18, Nr. 8 angesetzte Gebühr nachträglich aufgebracht werden kann, worüber die Entscheidung dem Ermessen der betreffenden Prüfungsstelle überlassen bleibt. Zweckmässig geschieht diese

Numerirung bei den Thermometern auf der Vorderseite und am oberen Ende des Rohres, und zwar unter Benutzung von Lackfarben.

4. Da Sendungen mit Werthangabe auf dem Transport eine besonders sorgfältige Behandlung erfahren, so empfiehlt es sich, grössere Kisten oder feinere Normalthermometer, besonders kurz vor Feiertagen (hauptsächlich zu Weihnachten) *stets unter Werthangabe* abzusenden. Die dadurch entstehenden Mehrkosten, nämlich zweimal Versicherungsgebühr für Werthangabe bis 100 M. = 0,20 M. und zweimal Mehrgebühr für das Abtragen = 0,10 M., zusammen 0,30 M., dürften wegen der vermehrten Sicherheit kaum in Betracht kommen.

Charlottenburg, den 25. Januar 1898.

Physikalisch-Technische Reichsanstalt.
Kohlrausch.

Referate.

Ueber die mechanischen Prinzipien für die erschütterungsfreie Aufhängung eines Quecksilberhorizontes.

Von M. Hamy. *Compt. rend.* ***125.*** *S. 760. 1897.*

Demonstration einer Vorrichtung, um Gegenstände gegen den Einfluss vertikaler Erschütterungen zu schützen.

Von W. H. Julius. *Handelingen van het 6de Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres, gehouden te Delft, April 1897.*

Obgleich eine ganz freie Quecksilberoberfläche den idealen Apparat darstellt, um die genaue Richtung der Vertikalen zu erhalten, kann man sich derselben doch in der Regel wegen der Erschütterungen des Bodens nicht bedienen.

Ueber die Mittel nachdenkend, wodurch man diese Erschütterungen vermindern könnte, stiess Hr. Hamy auf folgendes Problem: „Ein festes Gerüst, an dem ein schwerer Körper m mittels dreier (oder mehrerer) gleicher, vertikaler Spiralfedern von verschwindender Masse aufgehängt ist, schwinge mit kleiner Amplitude. Man soll die Bewegung der Masse m bestimmen, falls die relative Geschwindigkeit des Schwerpunktes in Bezug auf das Gerüst und die Rotationsgeschwindigkeit um diesen Punkt durch jenen Geschwindigkeiten proportionale Widerstände gehemmt werden.“

Die vollständige Lösung des Problems ist in sechs simultanen Differentialgleichungen zweiter Ordnung enthalten. Eine dieser Gleichungen, in welcher nur die vertikalen Entfernungen ξ des Schwerpunktes aus seiner Gleichgewichtslage auftreten, wird als Beispiel vom Verfasser diskutirt. Die Gleichung lautet

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} + \frac{\mu}{m}\frac{d\xi}{dt} + \frac{g}{l}\xi = e\left(\frac{\mu}{m}\frac{2\pi}{\tau}\cos 2\pi\frac{t}{\tau} + \frac{g}{l}\sin 2\pi\frac{t}{\tau}\right),$$

wenn $e \sin 2\pi\frac{t}{\tau}$ die vertikale Elongation des Gerüstes zur Zeit t, m die Masse des Körpers, l die totale elastische Dehnung der Federn bedeutet, während μ der Faktor ist, mit dem man die relative Geschwindigkeit von Körper und Gerüst multipliziren muss, um die dämpfende Kraft zu erhalten.

Aus der Lösung

$$\xi = \varepsilon^{-\frac{\mu}{m}t} A\cos(\alpha + Kt) + e\sqrt{\frac{1+\left(\frac{2\pi}{\tau}\frac{\mu}{m}\frac{l}{g}\right)^2}{\left(\frac{4\pi^2}{\tau^2}\frac{l}{g}-1\right)^2+\left(\frac{2\pi}{\tau}\frac{\mu}{m}\frac{l}{g}\right)^2}}\sin\left(2\pi\frac{t}{\tau}+\beta\right)$$

ergiebt sich, dass nach dem Abklingen des exponentiellen Gliedes der Schwerpunkt Schwingungen ausführt, welche mit denen des Gerüstes in der Periode, nicht aber in der

Phase übereinstimmen, und dass die Amplitude dieser Schwingungen sehr klein gegen c sein kann.

Bei einem der Experimente z. B. war

$$\tau = 0{,}1 \text{ Sek.}, \; l = 70 \, cm, \; g = 981, \; \frac{\mu}{m} = 0{,}5,$$

woraus sich für genügend grosse Werthe von t berechnet,

$$\xi = \frac{c}{110} \sin \left(2\pi \frac{t}{\tau} + \beta \right).$$

War der aufgehängte Körper ein schwerer Quecksilberbehälter, so erwies sich in der That die Flüssigkeitsoberfläche als vollkommen brauchbarer Spiegel.

Zum Schluss theilt der Verfasser mit, dass unabhängig von ihm Hr. Benoist mit gutem Erfolg ein empfindliches Galvanometer an langen Federn aufgehängt habe, um es vor Erschütterungen zu schützen; diese Anwendung des hier auseinandergesetzten Prinzips auf physikalischem Gebiet wird, meint er, nicht vereinzelt bleiben.

Hrn. Hamy müssen die von mir publizirten Notizen über erschütterungsfreie Aufstellung (*Wied. Ann.* **54.** *S. 151. 1895* und *diese Zeitschr.* **16.** *S. 267. 1896*) unbekannt geblieben sein.

Meine Methode besteht ebenfalls in dem Aufhängen des zu schützenden Gegenstandes; jedoch füge ich noch zwei Bedingungen hinzu: 1. der Schwerpunkt des ganzen als fester Körper zu betrachtenden hängenden Systems soll mit dem Mittelpunkte des Unterstützungsdreiecks zusammenfallen; 2. in denselben Punkt verlege man diejenige Stelle des festen Apparates, dessen Erschütterung die leicht beweglichen Theile des Apparates am meisten beeinflussen würde[1]).

Als nächstes Ziel stand mir damals das Schützen von Galvanometern und ähnlichen Instrumenten vor Augen. Dementsprechend war die Bekämpfung der horizontalen Erschütterungskomponenten Hauptsache; sie erforderte, wie theoretisch und experimentell gezeigt wurde, die Erfüllung der oben erwähnten Bedingungen. Zugleich aber hob ich schon hervor, dass auch Vertikalschwingungen sich nur in verkleinertem Maassstabe dem aufgehängten System mittheilen könnten und zwar wegen der elastischen Dehnung der Drähte.

Der zweite zu referirende Aufsatz bezieht sich auf den Fall, wo (wie bei der Beobachtung von Flüssigkeitsspiegeln, Interferenzstreifen u. s. w.) speziell auch die vertikalen Erschütterungen unschädlich gemacht werden sollen; also auf den gleichen Fall wie die Notiz Hamy's.

Man hänge den zu schützenden Gegenstand an drei möglichst gleichen Spiralfedern auf. Die Verlängerung, welche diese durch die Belastung erfahren, betrage z. B. 10 *cm*. Man denke sich nun in einem bestimmten Momente den hängenden Körper in Ruhe. Wenn sich dann bei einer Erschütterung die Aufhängepunkte plötzlich um etwa $^1/_{20}$ *cm* aufwärts bewegen, nimmt die Ausdehnung der Spiralfedern um $^1/_{200}$ ihres Betrages zu, denn die grosse Masse des Körpers kommt während der kurzen Zeit nicht merklich von der Stelle. Die vermehrte Spannung in den Federn übt also auf den Körper eine bewegende Kraft aus, welche nur etwa $^1/_{200}$ seines Gewichtes beträgt; wäre der Körper nicht aufgehängt, sondern stände er auf fester Grundlage, so würde bei vertikaler Hebung der Grundlage die auf ihn wirkende Kraft mindestens gleich seinem Gewichte sein.

Es mögen nun die Aufhängepunkte harmonische oder auch verwickeltere Schwingungen ausführen, jedenfalls wechseln die schwachen auf den Körper wirkenden Kräfte in kurzen Perioden ihr Zeichen und können somit nur ganz kleine Elongationen hervorrufen.

---

[1]) In einige, namentlich französische, Referate hat sich der Irrthum eingeschlichen, man solle den *Spiegel* eines Galvanometers in die Ebene der drei Unterstützungspunkte bringen. Offenbar muss man aber in jene Ebene den oberen Befestigungspunkt des Quarz- oder Kokonfadens einstellen, denn von diesem Punkte aus würden Erschütterungen sich dem Magnetsysteme mittheilen.

Weil der Apparat durch Berührung, Luftströmungen etc. leicht in langsame Schwingungen gerathen könnte, wendet man zweckmässig eine Dämpfung mittels loser Wattebüschel an.

Ist es nöthig, sowohl horizontale als vertikale Erschütterungen möglichst erfolgreich zu bekämpfen, so muss man bei der Anwendung der früher beschriebenen Methode die Aufhängedrähte theilweise oder ganz durch Spiralfedern ersetzen[1]).

Auf die Demonstrationsversuche gelegentlich des Kongresses braucht hier nicht eingegangen zu werden. *W. H. Julius in Utrecht.*

Apparat zur raschen Bestimmung der Intensität der Schwere.

Von M. Brillouin. *Compt. rend.* **125**. *S. 292. 1897.*

Der Verf. giebt eine kurze Beschreibung eines Apparates für relative Schwerebestimmungen und theilt ausserdem einige Resultate seiner Chronometerstudien mit.

Ein invariables Viertelsekundenpendel von 100 *g* Gewicht schwingt in einem Stativ von 20 *kg* Gewicht; seine Schwingungszeit wird nach der Koinzidenzmethode durch ein besonders eingerichtetes Chronometer bestimmt. Um dies möglich zu machen, ist an der Achse des Echappements eine mit mehreren radialen Spalten versehene Scheibe angebracht worden, von denen einer für die eigentliche Beobachtung kenntlich gemacht ist, und über ihr ein festes Messingplättchen mit einem sehr kleinen Loch von 0,2 *mm* Durchmesser, durch welches das Licht einer Acetylenlampe geschickt wird. Das Licht geht dann durch den durchsichtigen Boden des Chronometers und wird von der spiegelnden Oberfläche des Pendels zurückgeworfen; die Beobachtung der Koinzidenz wird durch ein System von Linsen und Prismen ermöglicht. In zehn Minuten ist der Apparat fertig zum Beobachten; Resultate sind nicht angegeben.

Bei den bisherigen Beobachtungen hat sich gezeigt, dass die Grösse der Amplitude des Balanciers in Beziehungen zum Uhrgange steht; Verf. schlägt, um dies immer kontroliren zu können, vor, die Unruhe stets von aussen sichtbar zu machen. *Sn.*

Ueber Schwerkraft-Schirmwirkungen.

Von L. W. Austin und Ch. B. Thuring. *Phys. Rev.* **5**. *S. 294. 1897.*

Die Verfasser haben sich die Aufgabe gestellt, zu bestimmen, in welchem Maasse die anziehende Wirkung zweier Körper durch das dazwischenliegende Mittel beeinflusst werde. Sie bedienten sich hierbei eines Apparates, der im Wesentlichen demjenigen nachgebildet war, mit welchem Boys seine Schwereuntersuchungen ausgeführt hat. Als angezogene Massen dienten dünne Golddrähte von etwa 0,4 *g* Gewicht, als anziehende Körper wurden schwere Bleiklötze verwendet. Zwischen diesen wurden „Schirme“ in den Dimensionen $3 \times 10 \times 29$ *cm* aus verschiedenen festen und flüssigen Substanzen (letztere in kupfernen Behältern) geschoben und ihr Einfluss aus der Ablenkung des angezogenen beweglichen Systems ermittelt.

Einzelheiten der Beobachtungen werden nur für Wasser angegeben, doch gelangen die Verfasser zu folgendem Endergebniss:

Mit Schirmen von Blei, Zinn, Quecksilber, Wasser, Alkohol und Glyzerin ist die Aenderung der anziehenden Kraft, wenn die Schirme nur $1/3$ des Raumes zwischen den aufeinander einwirkenden Körpern einnehmen, sicher geringer als 0,2 % der Gesammtanziehung. Für Eisenschirme können wegen der stets vorhandenen magnetischen Wirkung keine sicheren Schlüsse gezogen werden, doch kann man auch hier, mit einiger Wahrscheinlichkeit, die Aenderung auf weniger als 1 % der Gesammtkraft annehmen.

Bei Fortsetzung ihrer Versuche hoffen die Verfasser, die Unsicherheit der Bestimmungen auf weniger als 0,1 % herabdrücken zu können. *Schl.*

---

[1]) Das in *dieser Zeitschrift* **16**. *S. 268. 1896* beschriebene hängende Stativ könnte man entbehren, wenn nur die zu schützenden Apparate von vornherein in der Art gebaut würden, dass man dieselben unmittelbar, den obigen Bedingungen entsprechend, aufhängen könnte.

Ueber die mechanische Härte der Metalle, besonders des Stahles.

Von A. Föppl. *Wied. Ann.* **63.** *S. 103. 1897.*

Die bisherigen Härtebestimmungen nach der Ritzmethode sind längst als nicht einwandsfrei bekannt. Man hat noch in den letzten Jahren ihre Leistungsfähigkeit zu steigern gesucht durch Verfeinerung in der Konstruktion der Sklerometer. Eine möglichst sichere Messbarkeit des Druckes auf den Reisser und genaue mikrometrische Untersuchung der entstandenen Ritzungen sollten die der alten Härtedefinition anhaftenden Unsicherheiten beseitigen (vgl. z. B. das Sklerometer von Jannettaz, *diese Zeitschr.* **12.** *S. 183. 1894*). Seit langem hat sich F. Auerbach mit der experimentellen Seite der Hertz'schen Härtedefinition beschäftigt und einen Apparat für Härtebestimmungen (*diese Zeitschr.* **12.** *S. 430. 1892*) konstruirt, mit welchem er die Härte im Sinne von Hertz feststellte als „diejenige Eindringungs-Beanspruchung, bei welcher bei spröden Körpern Trennung der Theile, und an welche bei plastischen Körpern stetige Anpassung stattfindet". Auerbach hat seine Härtemessungen auf verschiedene Glasarten, sowie auf Flussspath und Steinsalz erstreckt, während A. Föppl — zum Theil unabhängig von Ersterem — auf Grund derselben Definition an einigen technisch wichtigen Materialien, namentlich an verschiedenen Stahl- und Eisensorten, *absolute* Härtemessungen gemacht hat, welche von Schwerd fortgeführt und im 25. Hefte der „Mittheilungen des mechanisch-technischen Laboratoriums der technischen Hochschule zu München" veröffentlicht worden sind.

Die Anordnung der Föppl'schen Härtebestimmungen ist folgende. Von dem zu untersuchenden Metall werden zwei Plättchen von je 7 bis 8 *mm* Dicke, 15 bis 20 *mm* Breite und einigen Zentimeter Länge zugerichtet und jedes auf einer Breitseite auf 20 *mm* Halbmesser geschliffen und fein polirt. Die Zylinderflächen werden berusst und rechtwinklig aufeinander gelegt einer Druckkraft ausgesetzt, sodass auf beiden Zylinderflächen ein bleibender Eindruck entsteht. Man kann den Versuch an mehreren Stellen der Zylinder mit Druckkräften verschiedener Grösse wiederholen. Die Durchmesserbestimmungen an den erzeugten kreisförmigen Eindrücken auf den Zylinderflächen und die Grösse der Druckkräfte bei den einzelnen Versuchen ergeben ziemlich genau gleiche Drucke pro Flächeneinheit, deren Mittelwerth demnach die absolute Härte des betreffenden Materials einwandfrei charakterisirt. Die auf diesem Wege für einige besonders wichtige Materialien ermittelten spezifischen Drucke bezw. Härtezahlen mögen hier wiedergegeben werden.

	kg/cm^2
Zinn, gegossen	400
Messingguss	2 300
Bronce	3 600
Phosphorbronce	4 300
Schmiedeeisen	7 000
Gusseisen	7 400
Englischer Werkzeugstahl, geglüht	9 400
„ „ im ursprünglichen Zustand	13 200
„ „ gehärtet	26 900
Deutscher Werkzeugstahl, geglüht	8 500
„ „ im ursprünglichen Zustand	11 300
„ „ gehärtet	31 000.

Parallelversuche zeigten, dass die nach dem Föppl'schen Verfahren ermittelten Härteziffern (h) vom Zylinderhalbmesser r abhängig sind, dergestalt, dass die durch Zylinderpaare mit verschiedenen Halbmessern gewonnenen Zahlen ein nahezu konstantes Produkt $h\sqrt[3]{r}$ ergaben. Föppl schlägt vor, da der Zusammenhang der Dimension des Produktes mit den mechanischen Gesetzen der Formänderung noch nicht aufgeklärt ist, von der Verwendung der Zahl $h\sqrt[3]{r}$ als Ausdruck für die mechanische Härte abzusehen, sondern die bei einem Normalradius

von 20 *mm* ermittelten spezifischen Drucke als Härtezahlen einzuführen. Am Schluss der Mittheilung wird auf die Bedeutung genauer Härtebestimmungen für das magnetische Verhalten des Stahles hingewiesen. Aber auch die allgemeine Technologie wird daraus viel Nutzen ziehen können. *G.*

Ein akustisches Thermometer für hohe und niedrige Temperaturen.

Von G. Quincke. *Wied. Ann.* ***63.*** *S. 66. 1897.*

Die Temperatur einer Luftmasse wird bestimmt aus der Schallgeschwindigkeit in dieser Luft oder der Wellenlänge eines Tones von konstanter Tonhöhe. Hierzu dient ein Interferenzapparat, bestehend aus zwei geraden Röhren, der weiten Interferenzröhre und dem engeren Hörrohre, welche sich aus Glas, Porzellan, Eisen, Thon oder anderem feuerfesten Material leicht herstellen und bequem in den Heizraum einführen lassen. Das beiderseits offene Hörrohr wird in das Interferenzrohr eingeschoben; vom freien Ende führt ein Kautschukschlauch zum Ohre des Beobachters. — Als Tonquelle benutzt man gewöhnliche Stimmgabeln auf Resonanzkästen; das offene Ende der letzteren stellt man vor die Mündung der Interferenzröhre, schiebt das Hörrohr so tief als möglich in diese hinein und bestimmt bei langsamem Herausziehen des Hörrohres die Grösse der Verschiebung desselben (an einem untergelegten Maasstab) für aufeinander folgende Maxima und Minima der Tonstärke. Es lässt sich zeigen, dass, wenn man als Tonquelle eine Stimmgabel mit 300 Schwingungen pro Sekunde wählt, die Verschiebung des Hörrohrs in Millimeter zwischen zwei aufeinander folgenden Minima direkt den Temperaturunterschied in Centesimalgraden ergiebt.

Der Verf. hat das beschriebene akustische Thermometer für Temperaturen von 100° bis 750° brauchbar gefunden. Für höhere Temperaturen konnte die Verwendbarkeit nicht geprüft werden. *Schl.*

Ein telemetrisches Sphärometer und Fokometer.

Von W. Stroud. *Phil. Mag.* ***45.*** *S. 91. 1898.*

Das Prinzip des von Barr und Stroud für militärische Zwecke konstruirten Entfernungsmessers (vgl. *diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 249. 1896*) sucht der letztere von beiden für die Bestimmung der Lage von konjugirten Bild- und Objektpunkten bei einem optischen System zu verwerthen; es ist dies eine Aufgabe, auf der ja einige Methoden zur Messung von Krümmungsradien und Brennweiten beruhen.

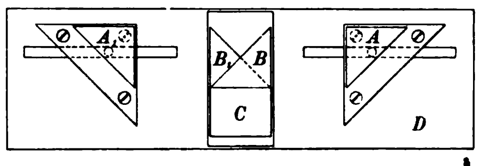


Fig. 1.

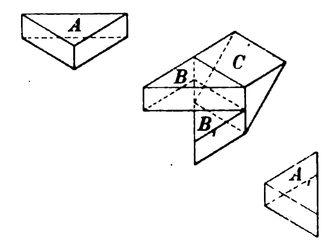


Fig. 2.

Eine horizontale Platte D trägt an den Enden zwei in ihrem Abstand verstellbare Reflexionsprismen A und A_1, in der Mitte eine eigenthümliche Kombination von 3 Prismen C, B und B_1 (Fig. 1 und 2). Sieht nun der Beobachter von oben auf das Prisma C, so erscheint ihm das Gesichtsfeld durch die Trennungsfuge der beiden Prismen B und B_1 in zwei Hälften getheilt, von denen die eine durch die Reflexion von B und A, die andere durch die von B_1 und A_1 gesehen wird. Befindet sich ein vertikaler Stab in der Mittelebene vor dem Apparat, so wird der Stab in den beiden Hälften des Gesichtsfelds parallel zur Trennungslinie in zwei Stücke auseinandergerückt erscheinen, nur bei einer bestimmten Entfernung stehen die beiden Stücke des Stabes genau übereinander. Dieser Fall ist für den Apparat das Kriterium der Einstellung in gleicher Weise, wie beim Mikroskop oder Fernrohr das Auftreten eines scharfen Bildes; ebenso wie man nun mit letzteren Instrumenten durch Verschieben Abstände in Richtung der optischen Achse messen kann, lässt sich dies auch mit

dem Apparat des Verf. ausführen. Bezüglich der Einzelheiten der Versuchsanordnung für sphärometrische und fokometrische Messungen möchte Ref. auf das Original verweisen. Die Versuche, die Verf. mit einem einfachen, kleinen Apparat anstellte, gaben die Brennweite bezw. den Krümmungsradius auf einige Promille genau.

Im **Anhang** beschreibt Verf. noch eine andere, leicht auszuführende Methode, um den Krümmungsradius von Konvexspiegeln bezw. die Brennweite von Zerstreuungslinsen zu bestimmen. Es möge hier nur auf den ersten Fall eingegangen werden.

Von einem Stab lässt man sowohl durch einen Konvexspiegel wie auch durch einen denselben halb verdeckenden Planspiegel Bilder entwerfen und verschiebt den Stab oder den Planspiegel so lange, bis die beiden Bilder ohne Parallaxe erscheinen. Aus der gegenseitigen Lage von Stab, Plan- und Konvexspiegel ergiebt sich dann leicht die Bildweite, die mit der zugehörigen Objektweite kombinirt den Krümmungsradius liefert.

A. K.

Die Rotationsdispersion des Quarzes für infrarothe Strahlen.

Von R. Dongier. *Compt. rend.* **125.** *S. 228. 1897.*

Die Messung der Drehung des polarisirten Lichtes durch den Quarz im Bereiche des unsichtbaren Spektrums ist bekanntlich mit besonders grossen Schwierigkeiten verknüpft; in Folge dessen zeigen auch die bisher erzielten Resultate nicht unbeträchtliche Abweichungen von einander. Der Verf. hat nun die bereits von Carvallo, Moreau und Hupe ausgeführten Messungen der Drehung im Infrarothen nach einer anderen, genaueren Methode wieder aufgenommen und bediente sich dazu der folgenden Anordnung: Die von einer Bogenlampe ausgehenden dunkelen Wärmestrahlen werden durch einen Kollimator parallel gemacht, durch ein Kalkspathprisma, dessen Kante parallel zur Krystallachse verläuft, zerlegt und gleichzeitig polarisirt; sie durchsetzen sodann einen doppelbrechenden Analysator, dessen Hauptschnitt parallel zu demjenigen des Polarisators steht, und eine achromatische Linse. Bringt man nun zwischen Polarisator und Analysator eine Quarzplatte, so erhält man im Brennpunkte der zweiten Linse zwei Spektra, die von den ordentlichen bezw. ausserordentlichen Strahlen herrühren. Dieselben sind von Absorptionsstreifen durchzogen, die in beiden Spektren alterniren, sodass also ein Intensitäts-Minimum des einen Spektrums über einem Maximum des anderen liegt, und umgekehrt. Wenn nämlich für eine bestimmte Strahlengattung, beispielsweise die Wellenlänge der rothen Kaliumlinie, die Drehung gerade 90° beträgt, so werden die ordentlichen Strahlen vom Analysator nicht durchgelassen, wohl aber die ausserordentlichen, es entsteht also im ordentlichen Spektrum an dieser Stelle ein Absorptionsstreifen; dasselbe tritt ein für eine Drehung von 270°, 450° u. s. w., während im anderen Spektrum die Auslöschung erfolgt für Strahlen, deren Drehung 0°, 180°, 360° u. s. w. beträgt. Bringt man nun die beiden Löthstellen eines Thermoelements an zwei derartige übereinanderliegende Stellen, so erhält man das Maximum des Ausschlags der Galvanometernadel, während an den dazwischen liegenden Stellen, wo die Intensität in beiden Spektren die gleiche ist, kein Ausschlag erfolgt; dies aber sind, wie sich leicht nachweisen lässt, gerade die Stellen grösster Empfindlichkeit. Die entsprechenden Wellenlängen lassen sich nun aus der bekannten Brechung des Kalkspaths für die infrarothen Strahlen nach der Dispersionsformel von Carvallo berechnen. Bis zur Wellenlänge 2 μ kann man als Polarisator ein Kalkspathprisma benutzen, bei grösseren Wellenlängen würden Störungen wegen der ungleichen Absorption eintreten, welche die ordentlichen und ausserordentlichen Strahlen im Kalkspath erleiden; der Verf. benutzte daher für Strahlen grösserer Wellenlänge einen Polarisator und Analysator aus Quarz. Auf diese Weise wurde die Drehung für Wellenlängen von 0,767 μ bis zu 2,4 μ bestimmt; die gefundenen Drehungswerthe lassen sich durch die etwas modifizirte Carvallo'sche Formel

$$\varrho = \frac{11{,}976\, n^2 - 21{,}027}{\lambda^2} + \frac{0{,}3708}{(\lambda - 3{,}2)^2}$$

darstellen, in welcher λ die Wellenlängen in μ und n die zugehörigen Brechungsexponenten des Quarzes bedeuten. Dass diese Formel jedoch nur für ein beschränktes Spektralbereich

Gültigkeit haben kann, ergiebt sich schon aus der Ueberlegung, dass nach ihr die Drehung für die Wellenlänge $\lambda = 3{,}2\ \mu$ unendlich gross werden würde; dies ist aber kaum anzunehmen, da alle bisherigen Beobachtungen dafür sprechen, dass der Drehungswerth für wachsende λ immer kleiner wird. Die von Dongier gefundenen Drehungen stimmen mit den von Carvallo und von Hupe ermittelten Werthen befriedigend überein, weichen dagegen von den von Moreau gefundenen Zahlen beträchtlich ab. *Glch.*

Ueber eine Ohm-Bestimmung nach der Lorenz'schen Methode.

Von W. E. Ayrton und J. Viriamu Jones. *Electrician* **40.** *S. 150. 1897.*

Der von der Firma Nalder Bros. für die Mc Gill-Universität in Montreal konstruirte Apparat ist in der allgemeinen Anordnung und Dimensionirung dem im *Electrician* **35.** *S. 231 u. 253. 1895* beschriebenen Lorenz'schen Apparat ähnlich.

Ein Marmorring von etwa 53 *cm* äusserem, 38 *cm* innerem Durchmesser und 18 *cm* Dicke war auf seiner Aussenfläche mit einer eingeschnittenen Schraubenwindung von 201 Umgängen bei 0,63 *mm* (0,025 Zoll) Ganghöhe versehen.

In diese Schraubenwindung wurde zunächst ein blanker Kupferdraht von $0{,}0542_5$ *cm* mittlerer Dicke aufgewunden, und 18 äquidistante Durchmesser vorn, in der Mitte und hinten mit einer Whitworth-Maschine gemessen, wobei sich das Solenoïd als sehr gut zylindrisch erwies. Der Mittelwerth des äusseren Durchmessers war $53{,}4652_7$ *cm* bei 20,4° C. Da indessen die Isolation der einzelnen Windungen gegeneinander sich als unzureichend zeigte, wurde der blanke Draht durch einen anderen doppelt mit Seide besponnenen ersetzt, dessen Dicke einschliesslich der Bespinnung $0{,}48_6$ *mm* betrug, und die Isolation durch Bestreichen mit geschmolzenem Paraffin und Umwickeln mit zwei Lagen Seidenband (in Schellack und Paraffin getränkt) gesichert.

Nach der Drahtdicke hätte der äussere Durchmesser nun $53{,}4539_9$ *cm* bei 20,4° betragen sollen; doch gab die unmittelbare Messung von 2 zu einander senkrechten Durchmessern nach Vollendung der Widerstandsmessungen $53{,}4590_5$ *cm*, also etwa 0,005 *cm* mehr. Die Verfasser schreiben die Differenz dem Aufquellen der Bespinnung durch das Paraffin zu und benutzen den letzten Werth, aus welchem für die Durchmesser von Drahtachse zu Drahtachse $53{,}4104_1$ *cm* folgt.

Die rotirende Scheibe aus Phosphorbronze hatte einen Durchmesser von $33{,}0568_5$ *cm* und war zuletzt *auf ihrer Rotationsachse* abgeschliffen.

Die Berechnung des Induktionskoëffizienten, welche mehrfach kontrolirt wurde, ergab

$$M = 45\,814{,}45\ cm.$$

Der Kontakt am Scheibenrand wurde durch drei Röhrchen aus Phosphorbronze in je 120° Abstand bewirkt, durch welche Quecksilber in langsamem Strom floss. Der zentrale Kontakt bestand in einer Röhre von 0,313 *cm* Durchmesser, welche in einer Bohrung der Scheibe von 0,368 *cm* steckte. Quecksilber trat durch die Röhre ein und durch den engen Zwischenraum aus; eine auf die Scheibe geschraubte Ebonitbüchse verhinderte, dass das Quecksilber einen Kontakt von grösserem Durchmesser bildete. Die Korrektion an M wegen des zentralen Kontaktes erreichte nur den Betrag von 4,50 *cm*.

Das Galvanometer (D'Arsonval'sche Form) gab 23,8 Skalentheile Ablenkung für ein Mikrovolt Potentialdifferenz.

Die vier Widerstandsrollen (2 aus Platinsilber, 2 aus Manganin) waren 1894 von Glazebrook, im November 1896 und im August 1897 im *Board of Trade* verglichen. Den Temperaturkoëffizienten ist nicht die wünschenswerthe Sorgfalt gewidmet, sodass die Ergebnisse dieser drei Verifikationen nicht miteinander in Beziehung gesetzt werden können.

Da aber die Temperatur bei den absoluten Messungen nahe gleich derjenigen bei der letzten Verifikation war, konnte ein merklicher Fehler für den Hauptzweck der Arbeit nicht entstehen.

Neun Beobachtungsreihen gaben für das *Ohm* des *Board of Trade* 1,00026 wahre *Ohm* $\pm$ 0,000018. Die Isolation ist sorgfältig geprüft; Magnetismus des Marmorringes und der

Scheibe aus Phosphorbronze konnte nicht nachgewiesen werden mit einer Induktionswaage, welche eine Abweichung der Permeabilität um $^1/_{15000}$ von der Einheit hätte erkennen lassen.

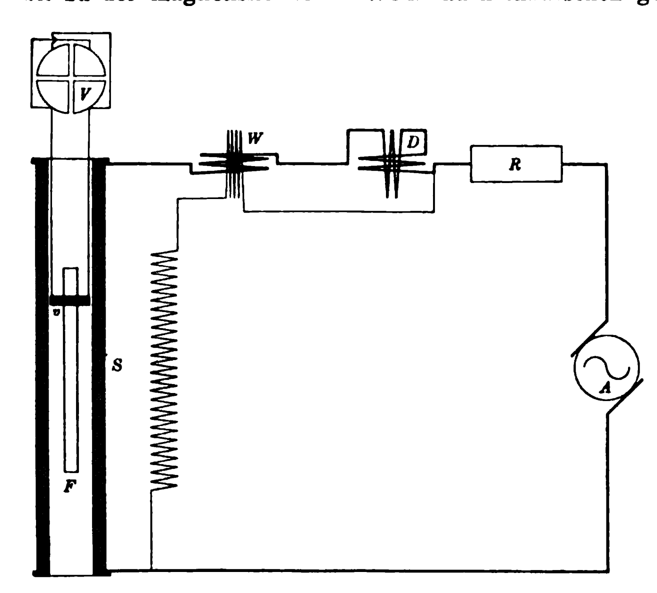
Die Diskussion der Fehlerquellen, welche keinen merklichen Einfluss gehabt zu haben scheinen, mag im Original nachgesehen werden.

Da Lindeck[1]) das *Ohm* des *Board of Trade* um 0,00011 grösser fand als das *internationale Ohm*, wäre letzteres = 1,00015 *wahre Ohm*, d. h. ein *wahres Ohm* = 106,285 *cm* Quecksilber, zufällig identisch mit dem Ergebniss, welches der Referent[2]) aus einer Reihe älterer Ohmbestimmungen abgeleitet hat. *E. Dorn.*

Eine Methode zur Bestimmung der magnetischen Hysteresis in geraden Eisenproben.

Von J. A. Fleming. *Phil. Mag.* **44.** *S. 262. 1897.*

Steinmetz hat ein empirisches Gesetz aufgestellt, wonach der Hysteresisverlust in homogen magnetisirten Eisenproben porportional ist der 1,6. Potenz der maximalen Induktion, bis zu der magnetisirt wird. Wenn auch inzwischen gezeigt worden ist, dass dies Gesetz Abweichungen bis zu 40% zulässt (*s. Elektrotechn. Zeitschr.* **19.** *S. 276. 1897*), so wird es doch in der Technik vielfach angewandt und bildet auch die Grundlage für die Arbeit von Fleming.



Bringt man nämlich eine zylindrische Eisenprobe in den mittleren Theil einer Magnetisirungsspule, wo man das Feld als homogen ansehen kann, so ist die Magnetisirung nicht gleichförmig über die Probe vertheilt, vielmehr enthält die Mitte ein Maximum von Kraftlinien. Die Veränderung der Kraftlinienzahl von der Mitte bis zum Ende der Probe kann man dadurch studiren, dass man die Probe mit einer flachen und verschiebbaren Sekundärspule umgiebt; wird nun durch die Magnetisirungsspule ein Wechselstrom geschickt, dessen Intensität mit einem Strommesser gemessen wird, so erhält man durch die Angaben eines elektrostatischen Spannungsmessers, der an die Enden der Sekundärspule angelegt wird, die Zahl der Induktionslinien an der betreffenden Stelle des Stabes, die der maximalen Stromstärke des Wechselstroms entspricht. Fleming zeichnet nun mehrere auf diesem Wege gewonnene Kurven, die die Induktion an einer bestimmten Stelle der Probe als Funktion des Abstandes von der Mitte der Probe darstellen. Alsdann berechnet er von sämmtlichen Ordinaten die 1,6. Potenz und erhält dadurch eine Kurve, die ihm die Vertheilung des Hysteresisverlustes längs des Stabes darstellt. Er sucht alsdann nach derjenigen Induktion, die über den ganzen Stab gleichmässig vertheilt sein müsste, um dieselbe Hysteresis hervorzurufen, wie die soeben berechnete. Diese „mittlere" Induktion muss thatsächlich einmal von der Mitte der Probe bis zum Ende derselben vorkommen. Fleming findet nun den merkwürdigen Satz, dass diese „mittlere Induktion" unabhängig von Länge, Querschnitt und Material des Stabes, stets in einem Abstand 0,22 der ganzen Länge des Stabes, vom Ende aus gerechnet, auftritt.

---

[1]) Lindeck, *diese Zeitschr.* **16.** *S. 272. 1896.*

[2]) Dorn, Wiss. Abh. der Phys.-Techn. Reichsanstalt **2.** *S. 355.*

Um nun die Grösse der Hysteresis selbst zu finden, dient das geaichte Wattmeter *W*. Liegt in der Spule die Eisenprobe, so giebt das Wattmeter den Energieverbrauch an, der sich aus dem Verlust in der Kupferspirale, vermehrt um den Energieverlust im Eisen, zusammensetzt. Nimmt man jetzt die Eisenprobe heraus und regulirt die Stromstärke so, dass der Strommesser dieselbe Angabe macht wie vorher, so erhält man durch die Wattmeterablesung den Verlust in der Kupferspirale allein. Die Differenz ergiebt daher den Energieverlust im Eisen allein. Aus dieser Zahl kann man nun in einfacher Weise berechnen, wie gross der Energieverlust durch Hysteresis für die Gewichtseinheit des Eisens und 100 Stromwechsel in der Sekunde ist. Die zugehörige maximale Induktion findet man nach dem Vorigen dadurch, dass man eine Sekundärspule in 0,22 der ganzen Länge der Probe anbringt und durch den Ausschlag des Elektrometers die „mittlere“ Maximalinduktion bestimmt. Durch Multiplikation des Hysteresisverlustes mit $(2500/\mathfrak{B})^{1,6}$ erhält man schliesslich den Energieverlust für eine „normale“ Maximalinduktion 2500. Fleming setzt auch auseinander, in welcher Weise man bei Eisenproben mit grösserem Querschnitt eine Korrektion wegen der Wirbelströme anzubringen hat.

Der Vorzug der Methode besteht darin, dass man, ohne die vollständige Hysteresisschleife der Eisenprobe zu kennen, nicht nur den Energieverlust im Eisen, sondern auch die zugehörige maximale Induktion mit den einfachsten Hülfsmitteln findet. Die Methode wird vielleicht für viele technische Zwecke genügen, inwieweit sie aber wissenschaftlichen Zwecken dienen kann, wird erst eine eingehendere Untersuchung zeigen können, zumal da sie sich auf ein Gesetz gründet, das nicht in allen Fällen der Wirklichkeit entspricht. *E. O.*

Ueber eine magnetische Methode, metallisches Eisen nachzuweisen.

Von W. Duane. *Wied. Ann.* **62.** *S. 543. 1897.*

Duane hatte beobachtet, dass ein aus isolirendem Material hergestellter Zylinder, der um seine Achse in einem senkrecht zur Zylinderachse gerichteten, magnetischen Felde oszillirt, eine stärkere Dämpfung der Schwingungen zeigt, als wenn er nicht im magnetischen Felde schwingt. Der Grund dieser Erscheinung wurde in ganz geringen Beimischungen von Eisen erkannt.

Der Verf. hat nun die Empfindlichkeit der Methode erheblich dadurch vergrössert, dass er den Isolator in ein Drehfeld brachte. Der zu untersuchende Körper *C* (vgl. die Fig.) hing an einem Quarzfaden in einem Glasrohr *A*; er befand sich dabei zwischen den Polen eines Elektromagneten *E*, der auf die vertikale Achse eines Elektromotors aufgesetzt war. Setzt man den Motor in Bewegung, so erfährt der Isolator im Glasrohr eine Ablenkung, die mit Spiegel *B*, Skale und Fernrohr beobachtet wird. Dabei zeigte sich die Grösse der Ablenkung unabhängig von der Umdrehungsgeschwindigkeit. Einem Zylinder aus fünfmal destillirtem Schwefel ertheilte das Drehfeld bei einem Skalenabstand von 1000 *mm* eine Ablenkung von 176 *mm*, während nach der zuerst beschriebenen Methode ein Unterschied in der Dämpfung fast nicht mehr zu bemerken war. *E. O.*

Ein neuer harmonischer Analysator.

Von A. Michelson und S. W. Stratton. *Amer. Journ. of Science (4)* **5.** *S. 1. 1898.*

„Jeder, der rechnerisch oder graphisch die Resultante einer grossen Zahl einfacher harmonischer Bewegungen zu verfolgen hatte, hat das Bedürfniss eines einfachen und genügend genauen *Apparates* empfunden, der den ausserordentlichen Zeit- und Müheaufwand für solche Berechnungen zu verringern vermag.“ So beginnen die Verf. ihre Mittheilungen über ihre neue, überraschend einfache Vorrichtung dieser Art. Die Haupt-

schwierigkeit in der Verwirklichung einer solchen Maschine liegt in der Fehleranhäufung beim Addiren; sie ist so gross, dass eigentlich bis jetzt nur *ein* wirklich praktisch erprobtes Instrument vorhanden war, das von Lord Kelvin. Jedoch ist dieses Instrument auf eine kleine Anzahl von Elementen beschränkt, weil bei beträchtlicher Vermehrung der Gliederzahl der dadurch angestrebte Genauigkeitsgewinn durch Fehleranhäufung aus mehreren Ursachen bald illusorisch gemacht würde.

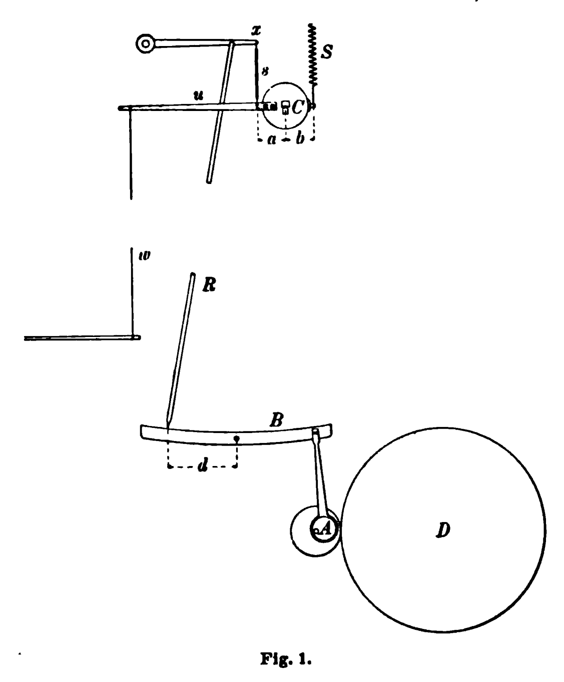


Fig. 1.

Die Verfasser haben nun, um einen Apparat für beliebig viele Glieder herstellen zu können, *Spiralfedern* angewandt; der Versuch mit einem 20-elementigen Apparat fiel so befriedigend aus, dass sie mit Unterstützung des *Bache-Fund* eine Maschine mit 80 Elementen zusammengestellt haben.

In der nebenstehenden Fig. 1 ist s eine der 80 vorhandenen „kleinen“ Spiralfedern, die neben einandergereiht an dem Stück C angreifen; dieses hat zur Vergrösserung der Steifigkeit die Form eines hohlen Zylinders erhalten, der auf zwei Schneiden liegt (eine in Fig. 1 sichtbar); S ist die grosse Gegen-Spiralfeder. Die vom Exzenter A hervorgebrachte Bewegung wird durch B und R auf den Punkt x übertragen, wobei die Grösse der Bewegung dieses Punkts abhängt von der justirbaren Entfernung d. Die Bewegung im Ganzen wird notirt durch einen Schreibstift, der mit dem am Zylinder festgeschraubten Hebel u durch den feinen Draht w in Verbindung gebracht ist; dabei sind vorn an u einige Einschnitte sichtbar, die den Draht w in verschiedenen Abständen von der Zylinderachse angreifend einhängen lassen. An der Schreibfeder vorüber bewegt sich, in einem Schlitten geführt, die Zeichnungsebene mit einer Geschwindigkeit, die der Winkelgeschwindigkeit entspricht, mit der sich der Kegel D dreht. Die Exzenter haben, um den sich folgenden Gliedern einer Fourier'schen Reihe zu entsprechen, in regelmässiger Folge von 1 bis 80 zunehmende Perioden; es ist dies mit Hülfe von Zahnrädern erreicht, die entsprechende Zahnzahlen haben, alle auf derselben Achse befestigt sind und so zusammen den Kegel D bilden. Dreht man diesen, so entstehen an den Punkten x der einzelnen Elemente des Apparats Bewegungen, die $\cos\theta$, $\cos 2\theta$, $\cos 3\theta, \ldots\ldots \cos 79\theta$, $\cos 80\theta$ entsprechen und deren Amplituden abhängig sind von der Entfernung d. Die Bewegungen der Punkte x können einfach dadurch in solche, die $\sin\theta$, $\sin 2\theta, \ldots \sin 80\theta$ entsprechen, verwandelt werden, dass man die Exzenter um 90^0 dreht, was für alle 80 Elemente auf einmal geschieht.

Die Wirkung des Apparats wird von den Verf. durch eine sehr grosse Zahl von wirklich damit erhaltenen Zeichnungen veranschaulicht. In der ersten dieser Figuren ist der Einfluss der Anzahl der Glieder einer Fourier'schen Reihe zur Anschauung gebracht (1, 5, 9, 13, 21, 79 Glieder). Die Genauigkeit der Zeichnung erscheint überall als genügend, obgleich z. Th. äusserst komplizirte Formen für die Summation gewählt sind (s. besonders die Fig. 8, 9, 10 des Originals, von denen als Beispiel nur die zwei ersten Fig. 10, $\cos 20x + \cos 79x$ und $\cos 41x + \cos 80x$ darstellend, hier in Fig. 2 wiedergegeben sind.) — Die Maschine ist aber natürlich nicht nur im Stande, gegebene Fourier'sche Reihen mechanisch-graphisch zu addiren, sondern kann auch die umgekehrte und Hauptaufgabe lösen: die Koëffizienten der Fourier'schen Reihe zu finden, durch die eine beliebige gegebene Funktion dargestellt werden kann. Es wird gezeigt, dass die Maschine die Integration $\int\varphi(x)\cos kx\,dx$ mit einer

Genauigkeit ausführt, die den Vergleich mit andern Integrationsinstrumenten wohl aushält; und „während man sie dort, wo grosse Genauigkeit gefordert wird, nicht anwenden wird, ist es sicher, dass sie in Fällen, wo ein Fehler von 1% keine Rolle spielt, eine gewaltige Menge von Mühe und Arbeit erspart".

Die Verf. betonen auch noch, dass es nach ihren Erfahrungen ganz wohl angehen würde, die Zahl der Elemente der Maschine auf mehrere Hundert, ja Tausend zu bringen

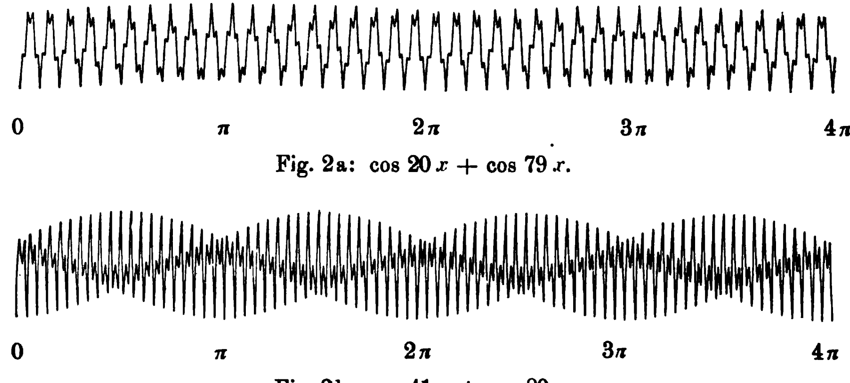


Fig. 2a: $\cos 20x + \cos 79x$.

Fig. 2b: $\cos 41x + \cos 80x$.

und dass das hier angewandte Summirungsprinzip so allgemeiner Natur ist, dass man es auch auf Reihen von ganz beliebigen Funktionen anwenden könnte, wobei nur den Punkten x statt der von den Exzentern gelieferten einfachen harmonischen Bewegung *die* Bewegungen zu geben wären, die jenen Funktionen entsprechen. Der Ref. hält diese Spiralfeder-Maschine für einen der wichtigsten Beiträge zur Theorie und zur Praxis des harmonischen Analysators.

Hammer.

Feld- und Wald-Bussole.

Von T. Ertel & Sohn in München. Nach einem *Prospekt.*

Das Instrument hat ein Fernrohr von 12-facher Vergrösserung mit Distanzfäden; der Höhenkreis von 50 *mm* Halbmesser lässt nur Zehntelgrade schätzen. Schon mit diesen beiden Zahlen ist angegeben, dass der erste Theil des Namens des Instruments hätte wegfallen sollen; es wird zwar zweckmässig im Walde, bei stets verhältnissmässig sehr kurzen Zielungen anwendbar sein, dagegen auf freiem Feld bald versagen. Für Tachymetrirung auf freiem Feld müsste das Fernrohr kräftiger sein, auch wenn man über 200 *m* Entfernung nicht hinausgeht, und der Höhenkreis müsste eine feinere Ablesung liefern. Dazu kommt, dass man auf freiem Feld im Gegensatz zum Wald die Lage der Richtung in horizontalem Sinne *besser* am Horizontalkreis eines Theodolits als an der Bussole abliest. Ref. möchte auch diese Gelegenheit benutzen, wiederholt auf diese Gegensätze zwischen Feld- und Wald-Tachymetermessung aufmerksam zu machen, wobei man sich freilich die Instrumente ad hoc *kombiniren* kann, indem man den *kleinen Theodolit*, der aber ein kräftigeres Fernrohr (v nicht unter 18 bis 24) besitzt, mit einer abnehmbaren *Reitbussole* versieht, um für beide Fälle ausgerüstet zu sein.

Was das Schriftchen über Ausführung von Bussolenmessungen und über die Bestimmung der magnetischen Deklination bringt, ist zweckmässig. *Hammer.*

Neue Form eines Nivellirinstruments.

Von C. Jorio. *Rivista di Topogr. e Catasto* **9.** *S. 82. 1896/97.*

Der Vorschlag kommt auf Brito Limpo's Form des Nivellirinstruments mit zwei in festem Abstand übereinander liegenden Fernrohren für Vor- und Rückblick zurück, ist also kaum von praktischer Bedeutung. *Hammer.*

Neu erschienene Bücher.

H. Schubert, Fünfstellige Tafoln und Gegentafeln für logarithmisches und trigonometrisches Rechnen. gr. 8°. VI, 175 S. Leipzig, B. G. Teubner 1897.

Von den gewöhnlichen in Gebrauch befindlichen Logarithmentafeln unterscheiden sich die Schubert'schen hauptsächlich dadurch, dass besondere Tabellen für das Aufsuchen der zu gegebenen Logarithmen und trigonometrischen Funktionen gehörigen Numeri und Winkel gegeben sind, und durch eine von der gebräuchlichen abweichende Anordnung der logarithmisch-trigonometrischen Tabellen. Den hierdurch angestrebten Vortheilen für den Gebrauch steht der Nachtheil einer Verdoppelung des Umfanges entgegen.

Als nützlich dürften sich die gegebene Erweiterung der logarithmisch-trigonometrischen Tabellen für kleine Winkel und die für diese Tabellen besonders zusammengestellten Interpolationstafeln erweisen.

Das anerkennenswerthe Bestreben, die Orientirung möglichst zu erleichtern, verführt den Verfasser zu Absonderlichkeiten im Ausdruck: die Bezeichnung der Funktion *tg* als „wirklicher Tangens" (wohl im Gegensatz zu *log tg*) ist weder geschmackvoll noch logisch.

W. D.

Carl Zeiss, Optische Werkstätte Jena, Gebrauchsanweisung für das Refraktometer nach Pulfrich (Neukonstruktion). 27 S. 1897.

Der Prospekt erläutert in seinem I. Theil (*S. 1 bis 16*) die Versuchsanordnung und Handhabung des bereits in *dieser Zeitschr.* ***15.*** *S. 389. 1895* und ***18.*** *S. 49 u. S. 52. 1898* ausführlich beschriebenen Refraktometers und seiner Hülfseinrichtungen und giebt in seinem II. Theil (*S. 17 bis 24*) spezielle Vorschriften und Tabellen nebst Ausführung von Beispielen. Zum Schluss sind die Preise aller einzelnen Bestandtheile zweier Zusammenstellungen angegeben einerseits für die in physikalischen und chemischen Laboratorien gewöhnlich vorkommenden Aufgaben, andrerseits für die Zwecke der optischen Glasuntersuchung.

Schönrock.

Jahrbuch, Berliner astronomisches f. 1900 m. Angaben f. die Oppositionen d. Planeten (1)—(422). 1898. Hrsg. v. d. königl. astronom. Rechen-Institut unter Leitg. v. J. Bauschinger. Der Sammlung astr. Jahrbücher 125. Band. gr. 8°. X, 520 u. 8 S. B. F. Dümmler's Verl. in Komm. 12 M.

Fortschritte, die, der Physik i. J. 1892, dargestellt v. d. physik. Gesellsch. zu Berlin. 48. Jahrgang, 3. Abth. gr. 8°. Braunschweig, F. Vieweg u. Sohn. 25 M.

Wallach, Prof. Otto, Tabellen zur chem. Analyse zum Gebrauche im Laboratorium u. b. d. Repitition. 1. Theil: Verhalten der Elemente und ihrer Verbindungen. 2. Theil: Methoden zur Auffindg. u. Trennung der Elemente. 3. Aufl., gr. Lex. 8°. 63 S. Bonn, A. Marcus u. E. Weber's Verl. Geb. in Leinw. 4 M.

Annalen der schweizerisch. meteorologischen Central-Anstalt. 1895 Der schweizer. meteorol. Beobachtng. 32. Jahrg. gr. 4°. XII, 205, 8, 78, 60, 8 u. 14 S. m. 11 Taf. Zürich, Fäsi & Beer in Komm. Kart. 18 M.

Hammer, Prof. Dr. E., Der logarithmische Rechenschieber und sein Gebrauch. Eine elementare Anleitng. zur Verwendng. des Instrumentes f. Studirende u. Praktiker. gr. 8°. 60 S. mit 4 Fig. im Text. Lahr, Stuttgart, J. B. Metzler's Verl. in Komm. 0,40 M.

Landolt, Prof. Dr. H., Das optische Drehungsvermögen organischer Substanzen und dessen prakt. Anwendungen, bearb. unter Mitw. v. O. Schönrock, P. Lindner, F. Schütt, L. Berndt, F. Possner. 2. Aufl. Mit Abb. gr. 8°. XXIII, 655 S. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. geb. in Leinwand 18 M.

Gallenmüller, Gymn.-Prof. Jos., Elemente der math. Geographie und Astronomie. Mit 1 Stkarte. 3. Aufl., gr. 8°. VIII, 190 S. Regensburg, F. Pustet. 1,70 M., geb. in Halbbd. 2 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt,** Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal,** geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe,** Dr. **H. Krüss.**

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVIII. Jahrgang. **April 1898.** Viertes Heft.

Ueber die Konstanz von Normal-Widerständen aus Manganin.

Von

W. Jaeger und **St. Lindeck.**

(Mittheilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Nachdem die Arbeiten über die Herstellung der Widerstands-Einheit in der Reichsanstalt nunmehr abgeschlossen sind[1]), sollen im Folgenden auch die Erfahrungen, welche im Laufe dieser Untersuchungen an den Kopien, namentlich an denen aus Manganin, gewonnen worden sind, kurz mitgetheilt werden.

Zum besseren Verständniss möge bemerkt werden, dass die Einheit des elektrischen Widerstandes in der Reichsanstalt durch 5 Quecksilber-Normalrohre gebildet wird, deren Widerstände durch geometrische Auswerthung ermittelt worden sind. Dieselben stimmen innerhalb weniger Hunderttausendtel überein.

An diese Normalrohre ist eine grössere Anzahl von gebogenen Quecksilber-Kopien angeschlossen, die im Vakuum gefüllt und dann zugeschmolzen wurden und die, ebenso wie die Normalrohre selbst, stets bei 0° gemessen werden. Neben diesen Kopien kommen noch eine grössere Zahl von Drahtwiderständen aus Manganin in Betracht und zwar zunächst 4 der Abtheilung I gehörige Büchsen von 1 *Ohm*, die in ziemlich kurzen Zeitintervallen sowohl untereinander als auch mit den Quecksilber-Kopien und den Normalrohren verglichen werden[2]); ferner 5 der Abtheilung II gehörige Normalwiderstände von 1 *Ohm*, die als Hauptnormale für die Prüfung eingesandter Widerstände dienen und deren Anschluss an die Widerstands-Einheit der P. T. R. alljährlich geschieht. Die Tabellen I, II, III geben eine Zusammenstellung der Werthe dieser Draht- und Quecksilber-Kopien zu verschiedenen Zeiten.

Weiterhin besitzt die Abtheilung II für die verschiedenen Dekaden von 0,001 bis 10 000 *Ohm* Normalwiderstände aus Manganin-Blech bezw. -Draht, welche mindestens jährlich durch Vergleichung mit den der Abtheilung II gehörigen Drahtnormalen von 1 *Ohm* an die Widerstands-Einheit angeschlossen werden. Die hierbei erhaltenen Resultate sind in den Tabellen IV bis VI zusammengestellt. Wie die nähere Betrachtung zeigt, ist die Konstanz der Manganinwiderstände, welche sich bekanntlich auch durch einen sehr kleinen Temperaturkoëffizienten auszeichnen, eine über Erwarten gute; sie übertreffen in dieser Beziehung noch die Quecksilberkopien[3]).

[1]) Vgl. W. Jaeger und K. Kahle, *Wied. Ann.* **64.** *S. 456. 1898.*

[2]) Ueber einen Theil dieser Messungen und die dabei befolgten Methoden vgl. die früheren Veröffentlichungen (*Wissensch. Abhandl. der Phys.-Techn. Reichsanstalt* **2.** *S. 379. 1895*; Auszug in *dieser Zeitschr.* **16.** *S. 134. 1896*). Die dort angegebenen Zahlen sind aber, den neueren Beobachtungen entsprechend, etwas umgerechnet; näheres darüber siehe *Wied. Ann. a. a. O.*

[3]) Die den Tabellen I bis III zu Grunde liegenden Beobachtungen sind grösstentheils von W. Jaeger, die der anderen Tabellen von St. Lindeck ausgeführt.

Für die Sicherheit genauer Widerstandsmessungen ist dies in hohem Maasse wichtig, da die Benutzung der Quecksilber-Normale selbst, wegen der damit verbundenen zeitraubenden Operationen, in den meisten Fällen ausgeschlossen erscheint. Man kann deshalb nur in längeren Zeitintervallen auf die Normale selbst zurückgehen und muss sich in der Zwischenzeit auf die Richtigkeit der Kopien verlassen können. Eine öftere relative Vergleichung der Kopien untereinander, besonders wenn diese verschiedener Art sind, bietet einen gewissen Ersatz für den Anschluss an die Normalrohre; es ist als wahrscheinlich anzunehmen, dass die absolute Aenderung der Kopien nicht grösser sein wird als die auftretenden relativen Aenderungen, zumal wenn sich dieser Schluss bereits für eine längere Zeitperiode bestätigt gefunden hat.

Da die früheren Erfahrungen mit Drahtwiderständen zum Theil ungünstig waren, so mussten erst besondere Untersuchungen über die Konstanz der Präzisionswiderstände aus Manganindraht angestellt werden. Das bis jetzt vorliegende Beobachtungsmaterial erstreckt sich über einen Zeitraum von mehr als fünf Jahren. Wie aus den unten mitgetheilten Tabellen hervorgeht, betragen die Aenderungen der Draht- und Blech-Widerstände im Laufe des angegebenen Zeitraums mit geringen Ausnahmen nur wenige Hunderttausendtel. Innerhalb dieser Grenzen lässt sich also durch die Manganinbüchsen eine einmal festgelegte Einheit auch in dem Zeitraum zwischen den Vergleichungen mit den Normalrohren festhalten. Vergrössert wird diese Sicherheit noch durch die Quecksilber-Kopien, die ebenfalls von Zeit zu Zeit mit den Drahtwiderständen und den Normalrohren verglichen werden.

Sämmtliche angegebenen Widerstandswerthe gründen sich auf die Vergleichungen der vier Manganinwiderstände von Abtheilung I mit den Normalrohren im März 1892, Januar 1895 und Juni 1897, deren Ergebnisse in Tabelle I zusammengestellt sind.

Tabelle I.

Manganinwiderstände nach Vergleichung mit den Quecksilber-Normalrohren.
(Internat. *Ohm* bei 18° der H-Skale.)

	Nr. 148_a	Nr. 149_a	Nr. 150_a	Nr. 151	Mittel
März 1892	—	—	—	0,997 676	(1,001 726)
Januar 1895	1,012 145	0,998 573	0,998 543	684	737
Juni 1897	148	592	539	699	745

Schon hieraus geht die gute Konstanz dieser Widerstände hervor. Dieselben sind aber auch in der Zwischenzeit öfter untereinander verglichen worden; die unten stehende Tabelle II enthält den grössten Theil dieser Vergleichungen. Die Zahlen dieser Tabelle sind aus den Werthen der Tabelle I in der Weise abgeleitet, dass die kleinen Aenderungen des Mittelwerthes (Tabelle I, letzte Spalte) auf die dazwischen liegende Zeit gleichmässig vertheilt wurden. Die übrigen in Tabelle II angegebenen Widerstände sind auf diese Mittelwerthe bezogen. Unter den Büchsen von Abtheilung II befinden sich ausser den Manganinwiderständen noch zwei ältere Büchsen aus Patentnickel, Nr. 22 und 23, die ebenfalls eine sehr befriedigende Konstanz zeigen, aber wegen ihres etwa 10-mal so grossen Temperaturkoëffizienten und der grossen Thermokraft keine so genauen Messungen zulassen, wie die Manganinwiderstände. Zu den Prüfungen der eingesandten Widerstände werden jetzt nur die Manganinbüchsen 1_A und 1_G benutzt, die anderen drei Büchsen bieten lediglich ein historisches Interesse.

Tabelle II.

Vergleichung von Drahtwiderständen von 1 *Ohm* unter einander. (Internat. *Ohm* bei 18° der H-Skale.)

	Nr. 148_a	Nr. 149_a	Nr. 150_a	Nr. 151	Nr. 22	Nr. 23	Nr. 139	Nr. 1_A	Nr. 1_C
Material	Manganin				Patentnickel		Manganin		
a b. 18° C.	+ 0,000 019	+ 0,000 015	+ 0,000 006	+ 0,000 021	+ 0,000 207	+ 0,000 202	+ 0,000 031	+ 0,000 020	+ 0,000 020
Dez. 91	—	—	—	0,997 676	—	—	—	—	—
Okt. 92	1,012 157	—	0,998 560	678	0,996 887	0,996 987	0,997 762	—	—
Nov. 93	146	0,998 574	547	681	862	966	774	—	—
Mai 94	152	573	545	682	—	989	775	0,999 873	—
Jan. 96	152	575	541	690	—	959	792	890	0,999 937
Jan. 97	157	585	538	695	—	967	801	896	942
Juni 97	148	592	539	699	—	—	—	—	—
Jan. 98	156	588	533	702	—	985	821	906	952

Bei diesen Messungen wurden zur Kontrole stets überschüssige Beobachtungen angestellt, welche in bekannter Weise ausgeglichen wurden; die Fehler der einzelnen Messungen betragen meist nur wenige Milliontel. Die grössten Veränderungen, nämlich 55 Milliontel in dem Zeitraume von $5^1/_2$ Jahren, zeigt Büchse Nr. 139. Es geht in diese Zahl freilich auch der Fehler aus der Vergleichung der Büchsen mit den Normalrohren ein, der ein Hunderttausendtel erreichen kann. Hierauf sind auch vielleicht die kleinen Schwankungen zurückzuführen, welche die Widerstände mitunter zeigen. Die innerhalb eines Jahres auftretenden Widerstandsänderungen sind meist sehr gering; sie überschreiten selten ein Hunderttausendtel (bei den Büchsen Nr. 22 und 23 sind die Messungen, wie erwähnt, weniger genau).

Da anfangs die Konstanz der Büchsen für die Ansprüche der Präzisionsmessung noch nicht hinreichend erwiesen war, so benutzte man ausser diesen noch eine grössere Anzahl von Quecksilber-Kopien zur Fixirung der Widerstandseinheit. Ueber diese Kopien selbst siehe die früheren Veröffentlichungen[1]). Alle Vergleichungen zwischen den Quecksilber-Kopien und den Drahtbüchsen, welche gewöhnlich mit einer Vergleichung der Büchsen und Normalrohre Hand in Hand ging, sind mittels der nach Tabelle II bekannten Beziehungen zwischen den Büchsen auf Nr. 151 bezogen. In der Tabelle III sind die Differenzen der Quecksilber-Kopien gegen diese Büchse zu verschiedenen Zeiten zusammengestellt.

Die jährlichen Veränderungen der Differenzen sind, wie man sieht, im Allgemeinen regelmässig; nur in der ersten Zeit haben sich einige Quecksilber-Kopien stärker verändert. Nr. 100 und 115 haben vom Aug. 92 bis März 94 um etwa ein Zehntausendtel abgenommen; ebenso hat Nr. 100 im folgenden Zeitintervall nochmals um denselben Betrag abgenommen, während sich Nr. 115 normal verhielt. Vom Januar 96 bis Februar 97 zeigen sich keine erheblichen Abweichungen mehr. Für die Mittelwerthe der Aenderungen macht es wenig aus, ob man diese abweichenden Kopien mit berücksichtigt oder nicht; hier sind sie ausgeschlossen worden, da ihr Verhalten offenbar nicht normal ist.

Es zeigt sich aber auch im Allgemeinen eine Tendenz bei den Quecksilber-Kopien, allmählich etwas abzunehmen, während bei den Drahtkopien gewöhnlich das Gegentheil der Fall ist (nur die Büchse Nr. 150a hat etwas abgenommen). Doch be-

[1]) D. Kreichgauer und W. Jaeger, *Wied. Ann.* **47.** *S. 563. 1892*; ferner *Wissensch. Abhandl. d. P. T. R.* und *diese Zeitschr. a. a. O.*

trägt die mittlere Aenderung der Differenzen für den ganzen Zeitraum vom Aug. 92 bis Febr. 97 nur 54 Milliontel; berücksichtigt man hierbei die Aenderung von + 17 Milliontel, welche nach Tabelle II die Büchse Nr. 151 erfahren hat (vgl. letzte Kolumne von Tabelle III), so verbleibt für die Quecksilber-Kopien eine Abnahme des Widerstands von 37 Milliontel in $4^1/_2$ Jahren. Im letzten Zeitintervall haben sich die Quecksilber-Kopien bei Berücksichtigung der Zunahme von Nr. 151 gar nicht mehr geändert.

Tabelle III.

Differenzen der Quecksilber-Kopien (bei 0°) gegen den Manganinwiderstand Nr. 151 (bei 18°).
(Intern. *Ohm.*)

Temperatur 0°	18°	August 1892	Δ	März 1894	Δ	Januar 1896	Δ	Februar 1897
Nr. 102 —	Nr. 151	+ *0,001544*	*— 52*	+ *0,001492*	*— 35*	+ *0,001457*	*— 30*	+ *0,001427*
„ 117 „	„ 151	— *2207*	*— 22*	— *2229*	*— 10*	— *2239*	*+ 3*	— *2236*
„ 118 „	„ 151	— *2225*	*— 34*	— *2259*	*— 15*	— *2274*	*+ 10*	— *2264*
„ 114 „	„ 151	— *5673*	*— 36*	— *5709*	*— 61*	— *5770*	*— 9*	— *5779*
„ 115 „	„ 151	— *7251*	*(— 133)*	— *7384*	*— 22*	— *7406*	*— 1*	— *7407*
„ 100 „	„ 151	+ *2769*	*(— 111)*	+ *2658*	*(— 108)*	+ *2550*	*— 1*	+ *2549*
„ 110 „	„ 151	+ *9344*	*— 18*	+ *9326*	*— 21*	+ *9305*	*— 9*	+ *9296*
„ 103 „	„ 151	+ *9940*	*— 31*	+ *9909*	*— 16*	+ *9893*	*— 7*	+ *9886*
„ 116 „	„ 151	+ *2696*	*— 23*	+ *2673*	*— 10*	+ *2663*	*+ 1*	+ *2664*
„ 109 „	„ 151	+ *7735*	*— 30*	+ *7705*	*— 13*	+ *7692*	*— 11*	+ *7681*
„ 111 „	„ 151	+ *4356*	*— 33*	+ *4323*	*— 4*	+ *4319*	*— 10*	+ *4309*
„ 107 „	„ 151	+ *4274*	*— 25*	+ *4249*	*— 10*	+ *4239*	*+ 12*	+ *4251*
Mittlere Veränderung			*— 30*		*— 20*		*— 4*	Milliontel
Nr. 151		0,997 678	+ 4	0,997 682	+ 8	0,997 690	+ 5	0,997 695

Man gewinnt hierdurch eine noch erhöhte Sicherheit für die Festhaltung der Widerstandseinheit als mit den Manganinbüchsen allein. Doch sind die Messungen mit den Quecksilber-Kopien unbequemer und wegen des grossen Temperaturkoëffizienten von etwa 0,1% mit grösseren Fehlern behaftet; für den allgemeinen Gebrauch empfiehlt es sich daher auch bei Präzisionsmessungen Manganinbüchsen anzuwenden, die man von Zeit zu Zeit vergleichen lässt, und von der Anwendung von Quecksilber-Kopien ganz abzusehen.

Wie bereits oben erwähnt ist, besitzt die Abtheilung II der Reichsanstalt zur Prüfung eingesandter Widerstände eine grosse Reihe von Normalen der verschiedensten Beträge. Hier soll über die nach internationalen Ohm abgeglichene Reihe berichtet werden, deren einzelne Widerstände zumeist im Laufe des Jahres 1894 beschafft wurden und die aus folgenden Stücken besteht:

3	Normale	von	1	*Ohm*	(1_A, 1_B, 1_C)
1	„	„	2	„	(2_A)
1	„	„	5	„	(5_A)
2	„	„	10	„	(10_A, 10_B)
2	„	„	100	„	(100_A, 100_B)
2	„	„	1000	„	(1000_A, 1000_B)
2	„	„	10000	„	(10000_A, 10000_B)
2	„	„	0,1	„	($0{,}1_A$, $0{,}1_B$)
2	„	„	0,01	„	($0{,}01_A$, $0{,}01_B$)
2	„	„	0,001	„	($0{,}001_A$, $0{,}001_B$).

Die Bestimmung der Werthe der einzelnen Normale geschieht in der folgenden Weise, *wobei der für die Büchse 1_A in der Abtheilung I ermittelte Werth als Grundlage dient.*

I. Normale von 1 bis 10 *Ohm.*

Die Normale 1_A, 1_B, 1_C werden in den drei möglichen Kombinationen mit einander verglichen; mit Hülfe des bekannten Werthes von 1_A ergeben sich hierdurch die Werthe von 1_B und 1_C. Hierauf werden die Differenzen

$$2-(1_A+1_B),\ 2-(1_B+1_C),\ 2-(1_C+1_A)$$

beobachtet, woraus drei Werthe für 2_A folgen, deren Mittel zu der weiteren Berechnung benutzt wird. Ferner misst man die Differenz

$$5_A-(1_A+1_B+1_C+2_A)$$

mehrere Male; schliesslich werden noch die Differenzen

$$10_A-(5_A+2_A+1_A+1_B+1_C),\ 10_A-(5_A+2_A+1_A+1_B+1_C)\ \text{und}\ 10_A-10_B$$

direkt beobachtet; eine einfache Ausgleichung liefert dann die Werthe von 10_A und 10_B. Alle diese Beobachtungen erfolgen mit der früher beschriebenen Verzweigungsbüchse[1]) und zwar einer solchen von 100 *Ohm* in der Wheatstone'schen bezw. Thomson'schen Brücke. Für eine vollständige Vergleichung der Büchsen 1_A, 1_B, 1_C ist *a. a. O. S. 529* bezw. *429* ein ausführliches Beispiel bereits mitgetheilt. Die Messungen lassen sich stets so anordnen, dass der Einfluss der Verbindungswiderstände vollständig eliminirt wird.

Tabelle IV enthält eine Zusammenstellung von 6 vollständigen Messungsreihen, die in der angegebenen Weise in der Zeit vom September 1894 bis Februar 1898 angestellt sind. Die kursiv gedruckten Zahlen sind die *unmittelbar beobachteten Differenzen* in Milliontel *Ohm* bei den Messungen bis einschliesslich 5 *Ohm*, und in Hunderttausendtel *Ohm* bei den Messungen an den Büchsen 10_A und 10_B. Die fett gedruckten Zahlen sind die zu Grunde gelegten Werthe von 1_A, wie sie sich aus der Tabelle II durch Interpolation ergeben. Hieraus sind dann die absoluten Werthe der anderen Büchsen unter Ausgleichung der überschüssigen Beobachtungen berechnet. Alle Messungen beziehen sich auf die Temperatur von 18° C. Am 30. I. 1895 wurden die Büchsen 1_A, 1_B und 1_C unter einander verglichen, da am 28. I. 95 die Büchse 1_B aus Versehen längere Zeit auf über 60° C. im Petroleumbad erwärmt worden war. Wie man sieht, hat in Folge hiervon der Widerstand von 1_B nur um 0,004% abgenommen, um dann in drei Jahren langsam wieder anzusteigen.

Die Büchsen von 1 *Ohm* lassen einen Anstieg von 0,002 bis 0,003% in $3^1/_2$ Jahren erkennen, während in den Werthen für die Büchse von 2 *Ohm* ein Gang nicht auftritt. Die Büchse von 5 *Ohm* zeigt Schwankungen innerhalb von etwa 0,002%. Dasselbe gilt für die beiden Büchsen von 10 *Ohm.*

Die Konstanz dieser 7 Widerstände ist um so bemerkenswerther, als sie ebenso wie die nunmehr zu besprechenden fast täglich benutzt werden.

II. Dekaden von 0,1, 0,01 und 0,001 *Ohm.*

a) Beobachtungsverfahren bei der Vergleichung kleiner Widerstände. Nachdem durch die in Tabelle IV zusammengefassten Messungen zwei Widerstände von 10 *Ohm* auf die Normale von 1 *Ohm* genau bezogen sind, können die Widerstände von 0,1; 0,01;

---

[1]) Feussner und Lindeck, *Wissensch. Abhandl. d. P. T. R.* **2.** *S. 524; diese Zeitschr.* **15.** *S. 425. 1895.*

Tabelle IV.

Manganin-Normale von 1 bis 10 *Ohm* (bezeichnet mit 1_A, 1_B, 1_C, 2_A, 5_A, 10_A, 10_B).
Differenzen und absolute Werthe[1]) bei 18° C. in internat. *Ohm*.

Datum	$1_A - 1_B$	$1_A - 1_C$	$1_B - 1_C$	1_A	1_B	1_C	$2_A -$ $[1_A + 1_B]$	$2_A -$ $[1_A + 1_C]$	$2_A -$ $[1_B + 1_C]$	2_A	$5_A - [1_A + \ldots 2_A]$	5_A	$10_A - [1_A + \ldots 5_A]$	$10_B - [1_A + \ldots 5_A]$	$10_A - 10_B$	10_A	10_B
	10^{-6} *Ohm*						10^{-6} *Ohm*				10^{-6} *Ohm*		10^{-5} *Ohm*				
3.—4. IX. 94	+ *11*	— *50*	— *64*	**0,999 876**	0,999 864	0,999 927	+ *201*	+ *139*	+ *149*	1,999 941	+ *469*						
										942	*470*	5,000 077	+ *57*	+ *60*	+ *01*	10,000 27	10,000 27
										940	*468*						
										1,999 941							
30. I. 95	+ *58*	— *42*	— *99*	**0,999 881**	0,999 823	0,999 922											
20. VI. 95	+ *44*	— *44*	— *91*	**0,999 885**	0,999 840	0,999 930	+ *198*	+ *121*	+ *160*	1,999 925	+ *401*						
	+ *45*	— *45*	— *90*				+ *202*	+ 113_5	+ 157_5	931	*397*	4,999 985	+ *69*	+ *44*	+ *23*	10,000 25	10,000 02
							+ *200*	+ *113*	+ *159*	929	*408*						
										1,999 928							
12.—14. X. 95	+ *38*	— *48*	— 86_5	**0,999 888**	0,999 850	0,999 936	+ *202*	+ *119*	+ *167*	1,999 940	+ *471*						
									+ *161*	943	*479*	5,000 095	+ *72*	+ *45*	+ 22_5	$10,000\,41_5$	$10,000\,17_5$
										950	*482*						
										1,999 944							
31. VII. — 5. VIII. 96	+ *35*	— *45*	— *82*	**0,999 898**	0,999 857	0,999 938	+ *198*	+ *118*	+ *154*	1,999 948	+ 448_5						
										949	*432*	5,000 082	+ 58_5	+ *43*	+ *19*	10,000 32	10,000 14
										949	*454*						
										1,999 949							
11.—12. VI. 97	+ *25*	— *48*	— 70_5	**0,999 901**	0,999 877	0,999 948	+ *156*	+ *89*	+ *114*	1,999 934	+ *324*						
										938	*325*	4,999 986	+ *62*	+ *47*	+ *15*	10,000 27	10,000 12
										939	*319*						
										1,999 937							
2.—28. II. 98	+ *22*	— *47*	— *67*	**0,999 906**	0,999 883	0,999 951	+ *141*	+ *72*	+ *99*	1,999 930	+ *197*						
	+ *26*	— *45*	— *69*							929	*194*	4,999 864	+ *67*	+ 57_5	+ *11*	$10,000\,20_5$	$10,000\,10_5$
										933	*189*				+ *10*		
										1,999 931							

[1]) Die direkt beobachteten Differenzen sind kursiv gedruckt; mittels der aus Tab. II interpolirten (fettgedruckten) Werthe für 1_A sind die übrigen Werthe durch Ausgleichung berechnet.

0,001 und 0,0001 *Ohm*, und andrerseits solche von 100, 1000, 10 000 *Ohm* u. s. w. in der Thomson'schen bezw. Wheatstone'schen Brücke unter Benutzung des Verzweigungsverhältnisses 1 : 10 an die 1 *Ohm*-Normale angeschlossen werden. Bei der Bestimmung der Widerstände von 100 *Ohm* könnte natürlich dasselbe umständliche und eine grosse Reihe von Widerständen erfordernde Verfahren eingeschlagen werden, das bei dem Aufbau der 10 *Ohm*-Normale aus den 1 *Ohm*-Normalen benutzt wird. Es ist dies aber deshalb nicht nöthig, weil sich die Widerstände der höheren Dekaden, wie wir weiter unten sehen werden, mittels des Verhältnisses 1 : 10 aus der Einheit der nächst niederen Dekade mit grosser Schärfe in der gewöhnlichen Wheatstone-schen Brücke ableiten lassen, da hier alle Verbindungswiderstände leicht so klein gemacht werden können, dass ihr Werth im Vergleich zu den zu messenden Beträgen vollständig verschwindet.

Bei Herstellung von Normalen für die Dekaden unter 1 *Ohm*, z. B. von 0,1 *Ohm* kann man wegen der Verbindungswiderstände eine direkte Vergleichung der Summen nicht mehr ausführen. Es ist schon bei der Dekade von 0,1 *Ohm* nicht mehr möglich, genügend widerstandsfreie Verbindungen zweier solcher Büchsen herzustellen. Bei den Widerständen von 0,01 *Ohm* und darunter ist ein Hintereinanderschalten ganz ausgeschlossen, da hier der Widerstand nicht von den Enden der Zuleitungsbügel, sondern von den Enden des Widerstandsbleches aus rechnet[1]).

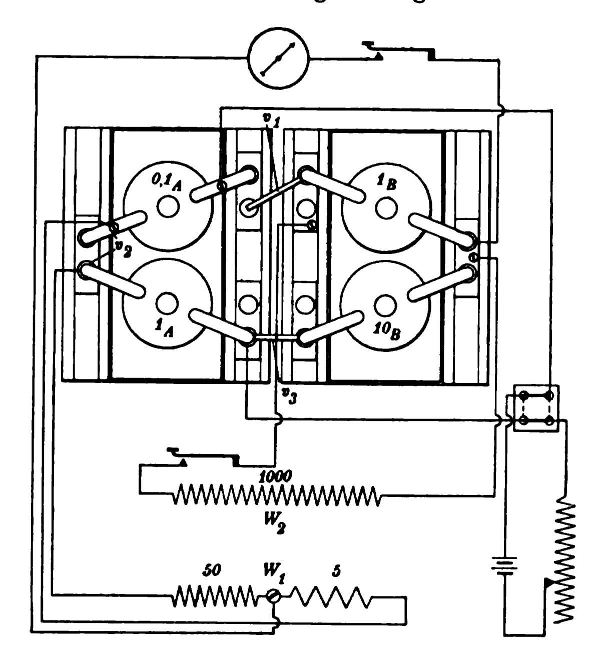


Tabelle V enthält eine Reihe von Messungen an je zwei Widerständen von 0,1; 0,01 und 0,001 *Ohm*; die Beobachtungen reichen indessen hier zeitlich nicht so weit zurück, wie die in Tabelle IV aufgeführten. Bei den Büchsen von 0,1 *Ohm* wurden nämlich zum Zweck einer möglichst präzisen Definition des Widerstandes auf den Zuleitungsbügeln nachträglich Abzweigschrauben angebracht. Die vor dieser Abänderung angestellten Messungen sind also mit den späteren nicht direkt vergleichbar und deshalb hier weggelassen.

Bei den Widerständen von 0,01 *Ohm* waren früher etwa 35 *mm* breite und 0,1 *mm* dicke Bleche benutzt worden. Es wurde indessen die Erfahrung gemacht, dass die Verwendung dünner Bleche für Präzisionswiderstände nicht zweckmässig ist. Im November 1896 ersetzte man daher die dünnen Bleche durch solche von etwa 1 *mm* Dicke und entsprechend grösserer Länge bei etwa 10 *mm* Breite.

Die Messung der in Tabelle V aufgeführten Widerstände geschieht in der folgenden Weise. Es wird in zwei Petroleumbädern eine Brücke geschaltet (vgl. die Figur) aus den 4 Normalwiderständen von 1, 10, 1 und 0,1 *Ohm* (z. B. 1_B, 10_B, 1_A und $0{,}1_A$). Die geringen Verbindungswiderstände v_1 und v_3, die sich zu 1 und 10 *Ohm* addiren (etwa je 0,0001 *Ohm*), sind nach der Methode des direkten Ausschlages bis

[1]) Vgl. K. Feussner, *diese Zeitschr.* **10.** *S. 425. 1890.*

auf 1 *Mikrohm* genau bestimmt. Der zwischen 1 und 0,1 liegende Verbindungswiderstand v_2 wird durch genügend hohe Widerstände (etwa 5:50 *Ohm*) aus einem Widerstandskasten W_1 überbrückt. Die kleinen Abweichungen von dem für den Strom Null der Brücke nothwendigen Verhältnisse werden in bekannter Weise durch Nebenschaltungen W_2 und Interpoliren ausgewerthet. Der Werth der 0,1 *Ohm*-Büchse ergiebt sich dabei auf wenige Milliontel genau. Die ganze Messung wird wiederholt, indem man $0{,}1_A$ durch $0{,}1_B$ ersetzt. Ferner wird mittels der Verzweigungsbüchse die Differenz $0{,}1_A—0{,}1_B$ direkt gemessen. Die Zahlen in Tab. V lassen erkennen, wie genau die aus den beiden ersten Messungen *berechnete* Differenz der Werthe von $0{,}1_A$ und $0{,}1_B$ mit der *beobachteten* übereinstimmt.

Die drei beobachteten Werthe für $0{,}1_A$; $0{,}1_B$ und $0{,}1_A—0{,}1_B$ werden ausgeglichen und dienen dann zur Bestimmung der nächst niederen Dekade von 0,01 *Ohm*. Die Messung von $0{,}01_A$ und $0{,}01_B$ geschieht genau in der gleichen Weise, indem man in der durch die obige Figur dargestellten Anordnung einfach 1_A durch $0{,}1_A$ und $0{,}1_A$ bezw. $0{,}1_B$ durch $0{,}01_A$ bezw. $0{,}01_B$ ersetzt; die Stromstärke wird aufs Neue regulirt, bis man dieselbe Empfindlichkeit, wie vorher, erzielt. Tab. V enthält wieder die für $0{,}01_A$; $0{,}01_B$ und die Differenz $0{,}01_A—0{,}01_B$ beobachteten Werthe. Auch hier stimmt, ebenso wie bei der Dekade von 0,001 *Ohm*, die *beobachtete* Differenz der beiden Büchsen mit der aus den einzelnen Messungen *berechneten* sehr gut überein. Die Ermittelung der Werthe von $0{,}001_A$ und $0{,}001_B$ mit Hülfe der ausgeglichenen Werthe von $0{,}01_A$ und $0{,}01_B$ ist nach dem Vorhergehenden ohne Weiteres verständlich. Es sei noch bemerkt, dass bei diesen Messungen ein astatisches Galvanometer von Siemens & Halske mit 4 hintereinander geschalteten Spulen von je 1,5 *Ohm* Widerstand benutzt wird. Der Strom, der bei der Vergleichung von 0,001 *Ohm* mit 0,01 *Ohm* etwa 10 *Amp.* betragen muss, wird einer auf 4 *Volt* geschalteten Akkumulatorenbatterie von 8 Zellen zu je 30 *Amp.* Entladungs-Stromstärke entnommen.

Die Erfahrungen mit Normalwiderständen von 0,0001 *Ohm* sollen bei späterer Gelegenheit mitgetheilt werden, wenn erst Messungen über einen längeren Zeitraum hin vorliegen.

b) Konstanz der kleinen Widerstände. Die Zahlen von Tabelle V liefern den Beweis, dass sich Widerstände von kleinen Beträgen, die in der Elektrotechnik zur Messung hoher Stromstärken in den letzten Jahren eine so grosse Bedeutung gewonnen haben, nicht nur mit einer die Zwecke der Praxis weit übersteigenden Genauigkeit messen lassen, sondern auch bei sachgemässer Ausführung während längerer Zeiträume sehr konstant bleiben. Die grösste an den 6 in Tabelle V aufgeführten Büchsen beobachtete Aenderung beträgt bei $0{,}1_B$ etwas über 0,01 % in $2^1/_2$ Jahren.

Ueber die Messung kleiner Widerstände sollen zur Kontrole nach anderen Messmethoden als die vorbeschriebene noch weitere Versuche angestellt werden. Dass etwaige systematische Fehler in den Werthen der Tabelle V nur sehr gering sein können, wurde übrigens schon im Jahre 1892 durch Messungen erwiesen, die von Major Cardew, Dr. Kahle und Dr. Lindeck im „*Standardizing Laboratory*“ des *Board of Trade* in London vorgenommen wurden. Stromstärken von etwa 400 und 600 *Amp.* wurden mittels einer Thomson'schen Stromwaage gemessen; an einem in denselben Stromkreis eingeschalteten Normalwiderstand der Reichsanstalt von 0,001 *Ohm* (grosses Modell) wurde die Spannungsdifferenz mittels eines der P. T. R. gehörigen Kompensationsapparates nebst Clark'schem Normal-Element bestimmt. Die beiden Anordnungen ergaben für die genannten Stromstärken Werthe, die innerhalb der Beobachtungsfehler identisch waren. Dasselbe Resultat wurde erhalten, als eine Strom-

Tabelle V.

Manganin-Normale von 0,1; 0,01 und 0,001 *Ohm* (bezeichnet mit $0{,}1_A$, $0{,}1_B$; $0{,}01_A$, $0{,}01_B$; $0{,}001_A$, $0{,}001_B$).
Differenzen und absolute Werthe[1]) bei 18° C. in internat. *Ohm*.

Datum	$0{,}1_A - 0{,}1_B$ 10^{-7} *Ohm*	$0{,}1_A$	$0{,}1_B$	Datum	$0{,}01_A - 0{,}01_B$ 10^{-8} *Ohm*	$0{,}01_A$	$0{,}01_B$	Datum	$0{,}001_A - 0{,}001_B$ 10^{-9} *Ohm*	$0{,}001_A$	$0{,}001_B$
23. X. 95	— *291*	*0,0999 605* 604	*0,0999 893* 894	13. XI. 96	+ *209*	*0,01000 266* 267	*0,01000 061* 060	28. X. 95	— *39*	*0,000 999 612* 609	*0,000 999 641* 644
8. IV. 96	— *301₅*	*0,0999 613* 618	*0,0999 929* 924	15. VI. 97	+ *211*	*0,01000 247* 248	*0,01000 040* 039	8. IV. 96	— *5*	*0,000 999 628* 632	*0,000 999 646* 642
4. VIII. 96	— *356*	*0,0999 613* 614	*0,0999 973* 972					4. VIII. 96	— *34*	*0,000 999 675* 673	*0,000 999 702* 704
15. VI. 97	— *378*	*0,0999 621* 623	*0,1000 004* 002	1. II. 98	+ *214*	*0,01000 234* 236	*0,01000 027* 025	16. VI. 97	— *23*	*0,000 999 674* 674	*0,000 999 696* 696
31. I. 98	— *376*	*0,0999 616* 615	*0,0999 988* 989					1. II. 98	— *31*	*0,000 999 670* 674	*0,000 999 712* 708

Tabelle VI.

Manganin-Normale von 100, 1000 und 10 000 *Ohm* (bezeichnet mit 100_A, 100_B; 1000_A, 1000_B; $10\,000_A$, $10\,000_B$).
Differenzen und absolute Werthe[1]) bei 18° C. in internat. *Ohm*.

Datum	$100_A - 100_B$ 10^{-4} *Ohm*	100_A	100_B	Datum	$1000_A - 1000_B$ 10^{-3} *Ohm*	1000_A	1000_B	Datum	$10\,000_A - 10\,000_B$ 10^{-2} *Ohm*	$10\,000_A$	$10\,000_B$
23. II. 95	—	*99,9859*	*99,9851*	23. II. 85	—	*999,946*	*999,943*	23. II. 95	—	*10003,43*	*10003,13*
21. VI. 95	+ *7*	*99,9867* 866	*99,9856* 857	21. VI. 95	*0*	*999,968* 968	*999,967* 967	22. VI. 95	+ *33*	*10003,24* 3,24	*10002,91* 2,91
15. X. 95	+ *14*	*99,9931* 929	*99,9912* 914	15. X. 95	+ *6*	*1000,064* 063	*1000,056* 057	15. X. 95	+ *33*	*10004,17* 4,18	*10003,87* 3,86
20. II. 96	+ *12*	*99,9918* 917	*99,9902* 903	20. II. 96	+ *6*	*1000,053* 050	*1000,037* 040	22. II. 96	+ *31*	*10004,42* 4,43	*10004,14* 4,13
7. VIII. 96	+ *11*	*99,9926* 927	*99,9917* 916	7. VIII. 96	+ *1*	*1000,062* 060	*1000,058* 060	8. VIII. 96	+ *39*	*10004,42* 4,44	*10004,10* 4,08
15. VII. 97	+ *18*	*99,9906* 906	*99,9889* 889	15. VII. 97	+ *12*	*1000,023* 023	*1000,012* 012	15. VII. 97	+ *28*	*10004,01* 4,00	*10003,71* 3,72
31. I. 98	+ *19*	*99,9899* 900	*99,9883* 882	28. I. 98	+ *11*	*1000,003* 003	*999,993* 993	28. I. 98	+ *19*	*10003,98* 3,98	*10003,78* 3,78

[1]) Die kursiv gedruckten Zahlen sind die direkt beobachteten Werthe; die übrigen wurden durch Ausgleichung derselben berechnet.

stärke von genau 1 *Amp.* mit der Normal-Stromwaage des genannten Laboratoriums[1]) und gleichzeitig mittels eines Normalwiderstandes der P. T. R. von 0,1 *Ohm* durch Spannungsmessung ermittelt wurde.

III. Dekaden von 100, 1000 und 10000 *Ohm.*

Tabelle VI enthält in der gleichen Anordnung wie die vorhergehende Zusammenstellung die Beobachtung an je 2 Büchsen von 100, 1000 und 10000 *Ohm.* Die Methode der Messung unterscheidet sich von der im Abschnitt II beschriebenen nur durch das Fehlen der Thomson'schen Ueberbrückung. Zunächst werden mittels des Verzweigungsverhältnisses 1 *Ohm* : 10 *Ohm* und der zweiten Normalbüchse von 10 *Ohm* die beiden 100 *Ohm*-Büchsen bestimmt, deren Differenz ebenfalls beobachtet ist. Aus den ausgeglichenen Werthen ergeben sich dann mittels des Verhältnisses 10 *Ohm* : 100 *Ohm* die Werthe der beiden Normale von 1000 *Ohm* u. s. w. Für alle 6 Büchsen ergiebt die Vergleichung in der ersten Zeit einen gleichmässigen Anstieg von etwa 0,01 %, der im Laufe der Jahre wieder zurückzugehen scheint. Es wird interessant sein, diese Erscheinung weiter zu verfolgen.

Die hohen Widerstände unterscheiden sich, was die Herstellung betrifft, insofern von den übrigen, als die dünnen Drähte von einem gewissen Durchmesser herab kalt gezogen werden müssen und dadurch bedeutend härter ausfallen als die dickeren Drähte, die nach dem Ziehen jedesmal geglüht werden. Das künstliche Alterungsverfahren der Spulen durch etwa 10-stündiges Erhitzen auf 140° C. zieht infolgedessen bei den hohen Widerständen prozentisch eine viel stärkere Widerstandsabnahme nach sich als bei Widerständen aus dickerem Draht. Dieser starken Abnahme scheint namentlich in der ersten Zeit nach der Herstellung ein geringer Anstieg zu folgen. Die in Tabelle VI aufgeführten Normale sind zu folgenden Zeiten hergestellt: die Normale von 10000 *Ohm* im Dezember 1893, die Büchsen von 100 *Ohm* im Juni und diejenigen von 1000 *Ohm* im Oktober 1894.

Vielleicht empfiehlt es sich für die hohen Widerstände, das Alterungsverfahren, sei es in Bezug auf die Dauer oder den Grad der Erhitzung, etwas zu modifiziren; über dahin zielende Versuche soll später berichtet werden.

Bei der Beglaubigung eingesandter Widerstände aus Manganin gewährleistet jetzt die Reichsanstalt für die verschiedenen Dekaden folgende *absolute* Genauigkeit:

Für die Dekaden von	1 und 10 *Ohm* :	0,01 %
„ „ „ „	100, 1000, 0,1 und 0,01 „ :	0,015 „
„ „ „ „ . .	10000 und 0,001 „ :	0,02 „
„ „ „ „	0,0001 „ :	0,03 „.

Die vorstehende Mittheilung dürfte den Beweis liefern, dass diese Genauigkeitsgrenzen vollauf verbürgt werden können.

Charlottenburg, März 1898.

---

[1]) In England wird die Stromeinheit für gesetzliche Zwecke durch die Festsetzung der Grösse der Anziehung definirt, welche die feste und die bewegliche Spule obiger Normalwaage auf einander ausüben, wenn 1 *Amp.* durch sie hindurchfliesst.

Ueber einige Neueinrichtungen an dem Doppelprisma des Abbe'schen Refraktometers und über die von der Firma Zeiss hergestellten Refraktometer dieser Art.

Von

Dr. C. Pulfrich in Jena.

Bei der bisherigen Einrichtung des Abbe'schen Refraktometers[1]) waren die beiden die Flüssigkeit einschliessenden Flächen des Doppelprismas polirt. Ich habe gefunden, dass die eine dieser beiden Flächen, nämlich diejenige, welcher dem unteren Prisma angehört, die Politur entbehren kann und dass es für die Beobachtung der Grenzlinien sogar von Vortheil ist, an dieser Stelle eine *matt* geschliffene Fläche in Anwendung zu bringen. Der Vortheil besteht darin, dass der Beobachter nicht mehr, wie es früher der Fall war, durch die im Gesichtsfeld des Fernrohres auftretenden Bilder der Umgebung (Fensterkreuz etc.) gestört wird, da die matte Fläche das Zustandekommen dieser Bilder verhindert. Auch die parallel zu der Grenzlinie verlaufenden Interferenzstreifen (sog. Mascart'sche Streifen) treten jetzt viel weniger störend in die Erscheinung.

Durch diese Anordnung wird an dem Strahlengange nichts geändert. Der Verlauf der Strahlen innerhalb der Flüssigkeitsschicht ist jetzt wie früher der Art, dass von jedem Punkt der ersten Fläche ein divergirendes Strahlenbüschel ausgeht und auf jeden Punkt der zweiten Fäche ein konvergirendes Büschel auffällt, deren jedes durch die Fläche, in der der Punkt liegt, einseitig begrenzt ist. Für diesen Strahlengang, der im Wesentlichen mit dem Strahlengang, welcher der Methode des streifenden Eintritts zu Grunde liegt, übereinstimmt, macht es nichts aus, ob die lichtgebende Fläche des unteren Prismas plan polirt oder matt geschliffen ist. In beiden Fällen dient das untere Prisma ausschliesslich zur Beleuchtung und es ist auch ganz gleichgültig, ob dieses Prisma aus demselben oder aus einem anderen Glase hergestellt ist[2]). Die einzige Bedingung, welche dem unteren Prisma hinsichtlich der Brechung auferlegt ist, besteht für den Fall der Anwendung einer polirten Fläche darin, dass der Brechungsindex des Prismas grösser sei als der der Flüssigkeit. Ist die Fläche matt, so kann der Brechungsindex des Prismas auch kleiner sein. In Wirklichkeit verwendet man in beiden Fällen für das untere Prisma angenähert die gleiche Glassorte wie für das obere Prisma.

Die oben bezeichnete Störung durch falsche Reflexe war bisher auch bei der Untersuchung *fester* Körper[3]) (Beobachtung im reflektirten Licht) bemerkbar; sie wurde hier als solche sogar noch mehr empfunden als in dem zuerst genannten Falle, da die Wahrnehmbarkeit der Grenzlinie im reflektirten Licht an sich schon eine viel geringere ist als im durchfallenden Licht. Die Störung ist jetzt in der Weise beseitigt worden, dass das kleine Beleuchtungsprisma entfernt und die Fläche, auf der dieses Prisma aufgekittet war, matt geschliffen wurde. Man erzielt dadurch ohne Weiteres

---

[1]) E. Abbe, Neue Apparate zur Bestimmung des Brechungs- und Zerstreuungsvermögens fester und flüssiger Körper, Jena 1874; siehe auch den Katalog der Firma Zeiss über optische Messinstrumente, Jena 1893.

[2]) Vgl. Abbe, *a. a. O. S. 55.*

[3]) Siehe Abbe, Ueber die Bestimmung der Brechungsverhältnisse fester Körper mittels des Refraktometers, *Sitz.-Ber. der Jenaischen Ges. für Med. u. Naturw. Febr. 1879; Carl's Repertorium der Physik* **15**. *S. 643. 1879.*

die für die Beobachtung der Totalreflexion beste Beleuchtung, wie man sie bei der bisherigen Anordnung nur durch Benutzung einer ausgedehnten hellen Fläche (Beobachtung unter freiem Himmel oder Benutzung eines unmittelbar vor dem Beleuchtungsprisma aufgestellten weissen Schirmes) herbeiführen konnte.

Damit von den drei für die Beobachtung der Grenzlinie überhaupt in Betracht kommenden Beleuchtungsmethoden — *durchfallendes Licht* (Fig. 1), *reflektirtes Licht* (Fig. 2) und *streifend einfallendes Licht* (Fig. 3) — im Augenblick der Beobachtung immer nur die eine oder die andere, niemals aber zwei Methoden gleichzeitig zur Wirkung ge-

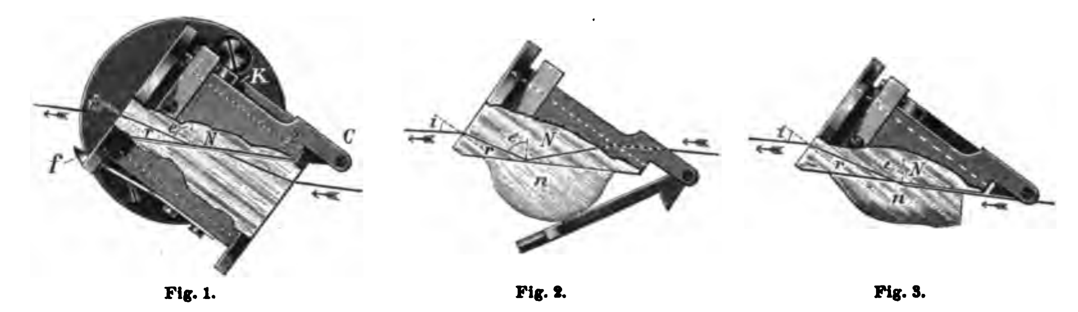


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

langen, und damit ein schneller Uebergang von der einen zur andern Beleuchtungsmethode ermöglicht werde, ist die Fassung des oberen Prismas mit einer Metallklappe K (siehe auch Fig. 4) versehen worden, welche nach Belieben, durch Drehen um C, so gestellt werden kann, dass sie entweder die matte Fläche des oberen Prismas bedeckt (Fig. 1 und Fig. 3) oder diese Fläche für den Eintritt des Lichtes freigiebt und die untere Fläche vor dem Lichtzutritt schützt (Fig. 2). Im letzteren Falle kann die Klappe auch als Stütze für den zu untersuchenden festen Körper benutzt werden.

Die vorgenannten Neueinrichtungen haben bei den von der Firma gegenwärtig hergestellten und im Folgenden näher beschriebenen Refraktometern Abbe'scher Konstruktion eine sinngemässe Verwendung gefunden. Die matte Fläche des unteren Prismas ist einheitlich bei allen diesen Instrumenten zur Anwendung gelangt.

A. Abbe'sches Refraktometer ohne Heizeinrichtung[1]).

Bis auf die vorstehend beschriebene Neueinrichtung des Doppelprismas zeigt der in Fig. 4 in nahezu $^1/_2$ nat. Grösse abgebildete Apparat im Wesentlichen die alte bekannte Einrichtung: Benutzung eines mit dem Sektor S festverbundenen Fernrohres, Bewegung des Doppelprismas um eine horizontale Achse mittels des Armes J und direkte Ablesung des Brechungsindex n_D an der Sektortheilung, ferner Anwendung eines zwischen Fernrohr und Prisma eingeschalteten Kompensators T für die Achromatisirung der Grenzlinie (Drehung mittels M) und dadurch Bestimmung der mittleren Dispersion von C—F.

Die Figur zeigt den Apparat in der Beobachtungsstellung: der um die horizontale Achse drehbare Sektor ist auf Anschlag an den Stift a eingestellt. Die zweite Stellung des Sektors, in welcher die Füllung des Doppelprismas mit der zu untersuchenden Flüssigkeit vorgenommen wird, ist durch Anschlag des Stiftes d an a gekennzeichnet. Die beiden weiteren mit b und c bezeichneten Stifte dienen als Anschläge für den Arm J an den Enden der Sektortheilung.

[1]) Zum Unterschied von dem früheren kleineren Modell (mit Okularspektroskop) gewöhnlich das „grosse Abbe'sche Refraktometer" genannt.

Die vorbezeichnete Beobachtungsstellung des Fernrohres ist in erster Linie für die Beobachtung der Grenzlinie im durchfallenden Licht bestimmt. Bei Anwendung der beiden anderen Beleuchtungsmethoden ist die Stellung des Fernrohres jedesmal den Versuchsbedingungen des einzelnen Falles anzupassen. Speziell für die Untersuchung fester Körper im reflektirten Licht empfiehlt sich die Anordnung, dass man das Fernrohr annähernd vertikal stellt und zur Beleuchtung der matten Fläche den Spiegel *R* verwendet.

Die Anforderungen, welche an die Beschaffenheit des zu untersuchenden Objektes bei Anwendung der Methode des streifenden Eintritts gestellt werden, sind genau dieselben, wie bei dem in dieser Zeitschrift früher[1]) beschriebenen, ausschliesslich die Methode des streifenden Eintritts benutzenden Refraktometer: senkrechte Lage der Fläche, durch welche das Licht in den Körper eintritt, zur brechenden Fläche und tadellose Beschaffenheit der Kante, in welcher die beiden Flächen zusammenstossen.

Um ein Eindringen der Flüssigkeit in die Prismenfassung zu verhindern, sind die Glasprismen mit einem widerstandsfähigen Kitt in ihren Fassungen befestigt. Der Abstand der Prismenflächen (Dicke der Flüssigkeitsschicht) ist hierbei ein für alle Mal durch das Aufeinanderliegen der Fassungsränder regulirt. Das gleiche Verfahren ist bei den nachfolgenden Refraktometern angewandt worden.

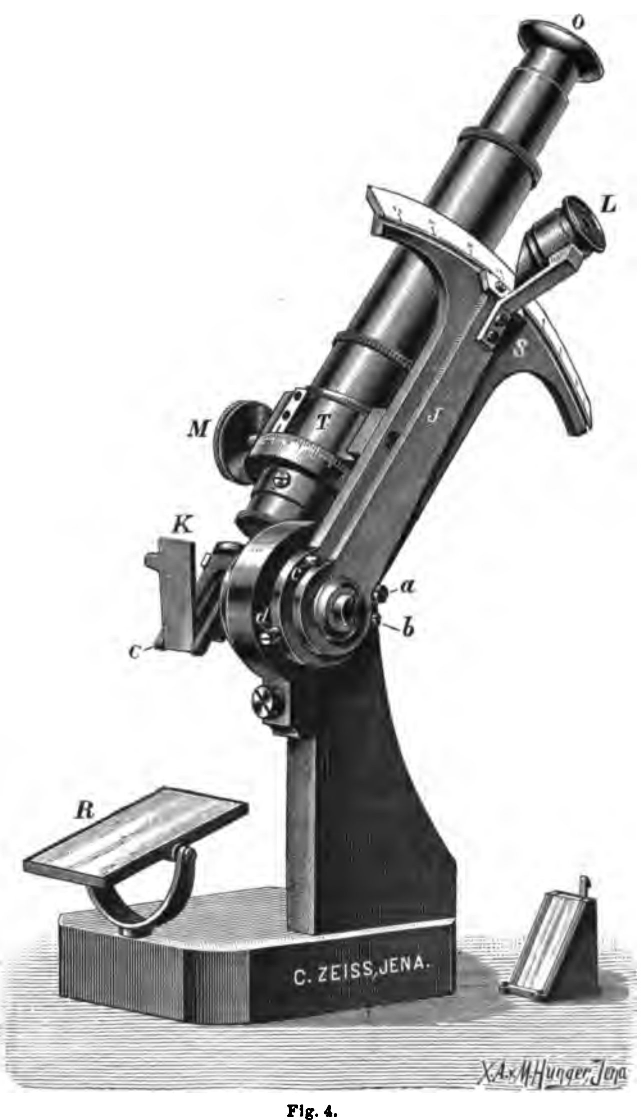


Fig. 4.

B. Derselbe Apparat mit Heizeinrichtung (Fig. 5).

Durch diese im Jahre 1892 bewirkte Konstruktion des Abbe-schen Refraktometers ist das Instrument auch für die Untersuchung von Flüssigkeiten bei *höherer Temperatur* bezw. von solchen Körpern (Fetten u. s. w.), welche erst bei höherer als Zimmertemperatur flüssig werden, anwendbar geworden. Zugleich ist dadurch die Möglichkeit einer genauen Temperaturbestimmung gegeben. Ueber die Verwendbarkeit des Instrumentes für feste Körper vgl. weiter unten.

Zunächst soll die Frage erörtert werden, ob und inwieweit die auf dem Sektor

[1]) Pulfrich, *diese Zeitschr.* **15.** *S. 389. 1895.*

angegebene und für Zimmertemperatur (etwa 20° C.) berechnete Indicestheilung für höhere Temperaturen noch als zutreffend angesehen werden kann. Denn da den Glasprismen die gleiche höhere Temperatur ertheilt werden muss, wie der zu untersuchenden Flüssigkeit und da ferner die Lichtbrechung des Glases ebenso wie die von Flüssigkeiten, wenn auch in viel geringerem Maasse, dem Einfluss der Temperatur unterworfen ist, so sind an den Angaben der Theilung noch Korrektionen anzubringen, welche sich aus den gegebenen Grundformeln ableiten zu

$$\Delta n = \frac{\sin\varphi}{\sqrt{N^2 - \sin^2 i}} N \cdot \Delta\mathfrak{N}\,(t - 20),$$

unter i den Austrittswinkel des Grenzstrahles bei der Versuchstemperatur t, unter φ den brechenden Winkel (61°), unter N den Brechungsindex des Prismas und unter $\Delta\mathfrak{N}$ die Aenderung desselben pro 1° C. Temperaturerhöhung (bezogen auf den leeren Raum) verstanden.

Nach meinen früheren diesbezüglichen Untersuchungen[1]) beträgt der Werth $\Delta\mathfrak{N}$ für das beim Abbe'schen Refraktometer benutzte Glas ($N_D = 1{,}75$) rund 8 Einheiten der 6. Dezimale von N. Hieraus berechnet sich die Korrektion Δn für 1° C. Temperaturdifferenz zu 6,7 Einheiten der 6. Dezimale von n. Die Korrektion ist positiv für alle Temperaturen $t > 20°$ C. und negativ für $t < 20$. Für dasselbe t sind die Korrektionen für alle bei dem Refraktometer vorkommenden Indices 1,33 bis 1,70 bis auf Abweichungen von 4 bis 5% unter sich gleich.

Wie man sieht, bleibt der Werth für die Korrektion von n_D bis zu Temperaturen von etwa 50° C. kleiner als 2 Einheiten der 4. Dezimale von n. So gross ist aber auch der Fehler, den man bei der Ablesung des Index an der Theilung begeht. Die Korrektion käme daher nur für Temperaturen, welche grösser sind als 50° C., in Frage. Doch dürfte diesen Werthen in Anbetracht der sonstigen Fehlerquellen keine allzu grosse praktische Bedeutung beizumessen sein.

Gleichzeitig mit der Erhöhung des Brechungsindex findet auch eine Dispersionssteigerung des Glases bei zunehmender Temperatur statt; für die C-Linie beträgt der oben mit $\Delta\mathfrak{N}$ bezeichnete Werth rund 7, für F rund 10 Einheiten der 6. Dezimale von N. Streng genommen müssen daher auch die aus der Trommeltheilung des Kompensators abgeleiteten Dispersionswerthe $n_F - n_C$ einer Korrektion unterworfen werden. Praktisch ist dieselbe ebensowenig von Bedeutung wie die Korrektion des Brechungsindex n_D.

Das Refraktometer *mit* Heizeinrichtung unterscheidet sich von dem vorstehenden *ohne* Heizeinrichtung nur durch die Prismenfassung. *In allen anderen Punkten ist die Konstruktion des Instruments erfolgt im engen Anschluss an die bisherige, durch jahrelangen Gebrauch praktisch durchaus erprobte Form des Refraktometers.*

Der *Heizapparat* gründet sich in der Hauptsache auf die von Hrn. Dr. R. Wollny[2]) vorgeschlagene Anwendung eines die Glasprismen einschliessenden doppelwandigen Metallgehäuses, durch welches Wasser von bestimmter Temperatur geleitet wird.

Das Gehäuse besteht aus zwei durch ein kräftiges Scharnier C mit einander verbundenen Theilen A und B, welche in ihrer Form der Form der Glasprismen ange-

[1]) Siehe Pulfrich, Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Lichtbrechung des Glases, *Wied. Ann.* **45**. *S. 609. 1892* und J. O. Reed, über dasselbe Thema, Inauguraldissertation, Jena 1897.

[2]) Siehe R. Wollny, *Chem. Centralblatt* **2**. *S. 1004. 1891.* Die gleiche Heizeinrichtung ist auch bei dem unter C. weiter unten beschriebenen sog. Butterrefraktrometer (Fig. 7, *S. 113*) benutzt worden.

passt und in welche die Glasprismen so eingesetzt sind, dass die mit der Flüssigkeit in Berührung kommenden Prismenflächen um einige Hundertel Millimeter von einander abstehen, wenn die umgebenden Metallflächen in Berührung gebracht werden.

Die Hohlräume in *A* und *B* stehen durch einen Gummischlauch mit einander in Verbindung. Die Richtung des durchfliessenden Wasserstromes ist in den Fig. 5 und 7 durch Pfeile angegeben. Die Gummischläuche für Zu- und Ableitung liegen

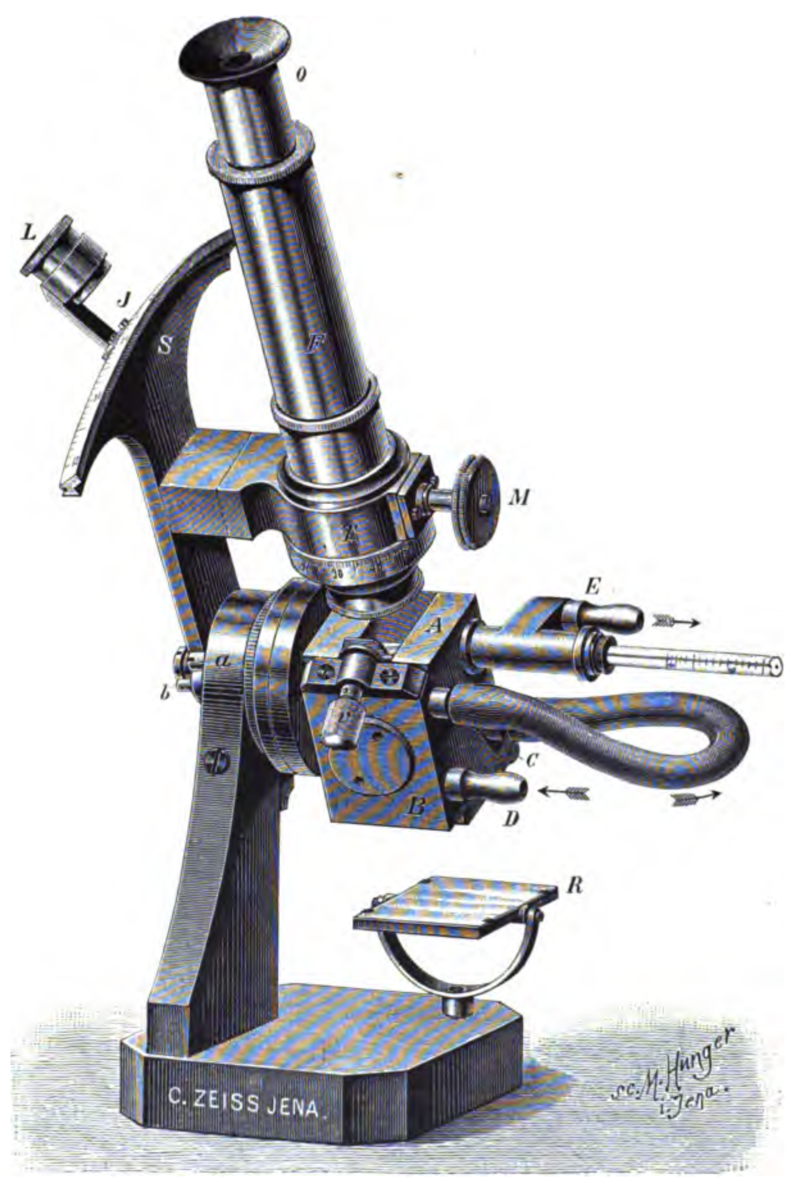


Fig. 5.

auf dem Beobachtungstisch und sind ebenso wie das mit einem einschraubbaren Gewinde versehene Thermometer kein Hinderniss für die Handhabung des Instruments. Gegen Wärmeverlust durch Leitung ist das Gehäuse nach Möglichkeit durch Einfügung einer Vulkanfiberplatte zwischen Gehäuse und Träger geschützt.

Die Schraube *v* in Fig. 5 (bezw. *F* in Fig. 7) dient nach Art eines Bajonettverschlusses zum Oeffnen und Schliessen des Doppelprismas. Durch Drehen in der

einen Richtung wird das Prisma B an A befestigt und zugleich auf den richtigen Abstand angezogen. Umgekehrt wird beim Drehen der Schraube v nach der anderen Seite B von A abgedrückt, die zwischen den Glas- und Metallflächen wirksamen, nicht unerheblichen Adhäsionskräfte werden hierbei spielend überwunden, sodass man das Prisma B alsdann ohne Mühe ganz zurückschlagen kann.

Das Refraktometer kann in Verbindung mit jeder beliebigen Vorrichtung, welche einen *konstant temperirten Wasserstrom* zu liefern im Stande ist, benutzt werden. Für Beobachtungen bei Zimmertemperatur gewährt die Benutzung der Wasserleitung ein sicheres und sehr einfaches Verfahren, die Temperatur des Apparates längere Zeit hindurch fast absolut konstant zu erhalten. Für den Gebrauch bei höherer Temperatur habe ich vor Kurzem in dieser Zeitschrift eine Vorrichtung, bestehend aus einem *Wasserdruckregulator* und einer *Heizspirale*, beschrieben[1]), welche hier und auch beim Butterrefraktometer mit Vortheil benutzt werden kann.

Die Verwendbarkeit des Refraktometers mit Heizeinrichtung ist nicht ausschliesslich auf flüssige und flüssig gemachte Körper beschränkt. Es können mit dem Instrument auch *feste Körper* (Gläser etc.) untersucht werden; nur kann dies wegen der Prismenfassung nicht im reflektirten Licht geschehen. Die Untersuchung fester Körper ist nach der Methode des *streifenden Eintritts* vorzunehmen und erfolgt in derjenigen Fernrohrstellung, in welcher für gewöhnlich das Aufbringen der Flüssigkeit auf die Prismenfläche stattfindet: das Fernrohr ist schräg nach oben gerichtet, die Prismenfläche mit dem darauf liegenden Objekt liegt angenähert horizontal, das Prisma B hängt lose herab. Der Apparat wird etwas erhöht aufgestellt, sodass man bequem in das Fernrohr schauen kann, die Lichtquelle befindet sich in angemessenem Abstand vom Apparat und in solcher Höhe, dass der hellste Theil derselben in die Ebene der Prismenfläche zu liegen kommt. Die Anwendung eines zwischen Lichtquelle und Refraktometer eingeschalteten Kondensors, welcher ein reelles Bild der Lichtquelle auf dem Objektrande entwirft, ist von Vortheil, kann aber auch entbehrt werden. Hinsichtlich der Anforderungen an die Beschaffenheit des Objektes siehe oben *S. 109*.

C. Refraktometer für spezielle technische Zwecke.

Der bei den beiden vorgenannten Refraktometern benutzte *Kompensator*, welcher dazu dient, den bei weissem Licht auftretenden Farbenstreifen zu achromatisiren und dadurch die Grenzlinie scharf zu machen, besteht bekanntlich aus zwei — für die D-Linie geradsichtigen — Amici-Prismen von gleicher Dispersion, welche zwischen den Refraktometerprismen und dem Fernrohr so angebracht sind, dass sie durch Drehen an M (siehe Fig. 4 und Fig. 5) in entgegengesetztem Sinne um den gleichen Betrag um die Fernrohrachse sich drehen lassen. Die Dispersion des Kompensators nimmt hierbei innerhalb bestimmter Grenzen jeden beliebigen positiven oder negativen Werth an und man ist somit im Stande, die von der Totalreflexion zwischen Flüssigkeit und Glasprisma herrührende Dispersion (d in Fig. 6) dadurch, dass man die Dispersion D des Kompensators jener Dispersion gleich gross und entgegengesetzt gerichtet macht, vollständig zu kompensiren. Die Grenzstrahlen für die verschiedenen Farben werden hierdurch vor ihrem Eintritt in das Fernrohr einander parallel gerichtet, die Grenzlinien selbst auf *eine* Stelle zusammengeschoben, auf die Stelle

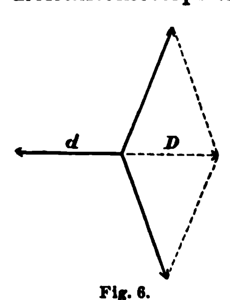


Fig. 6.

[1]) Pulfrich, *diese Zeitschr.* **18.** *S. 49. 1898.*

nämlich, wo auch die Grenzlinie für Natriumlicht — letztere unabhängig von der Stellung des Kompensators — gelegen ist.

Diese Kompensatoreinrichtung kann nun im Interesse der Vereinfachung des Instrumentes und seines Gebrauchs für spezielle technische Zwecke dann *entbehrlich* gemacht werden, wenn die refraktometrische Untersuchung auf je *eine bestimmte Substanz* oder *Klasse von Substanzen* sich beschränkt, z. B. auf eine bestimmte Art von Fetten oder Oelen behufs Prüfung ihrer Reinheit, oder auf eine bestimmte Art von Lösungen behufs Ermittelung ihres Konzentrationsgrades u. A. m. Bei Refraktometern für derartige spezielle technische Zwecke kann nämlich (nach Abbe) die Achromasie der Grenzlinie *durch das Prisma selbst* erreicht werden, indem man dieses nach bekanntem Rechnungsverfahren so konstruirt, dass die Farbenzerstreuung bei der totalen Reflexion zwischen Glas und Flüssigkeit gerade kompensirt wird durch die Farbenzerstreuung an der Austrittsfläche des Prismas.



Fig. 7.

Derartig eingerichtete Abbesche Doppelprismen haben, abgesehen von der Vereinfachung der Konstruktion, noch den Vorzug, dass die Prüfung der zu untersuchenden Substanz nicht ausschliesslich gegründet ist auf die Verschiedenheit in der *Lage* der Grenzlinie, sondern auch auf die Verschiedenheit im *Aussehen* derselben, insofern nämlich jede Abweichung in der Dispersion der Substanz ohne Weiteres durch das Auftreten eines blauen oder rothen, mehr oder weniger breiten Farbensaumes sich zu erkennen giebt. Die genaue Lagenbestimmung der Grenzlinie erfolgt in solchen Fällen unter Benutzung von Natriumlicht.

Von den von der Firma hergestellten Refraktometern dieser Art sei hier nur das im Jahre 1892 auf Anregung und unter Mitwirkung des Hrn. Dr. R. Wollny speziell für die Zwecke der Butterprüfung eingerichtete und in Fig. 7 in $1/3$ nat. Grösse abgebildete *Butterrefraktometer*[1]) erwähnt.

Die optischen Konstanten des hierfür benutzten Doppelprismas und die der Berechnung zu Grunde gelegten Werthe für Butter sind

Naturbutter (geschmolzen) $n_D = 1{,}4572 \quad \Delta n = n_F - n_C = 0{,}00841$

Prisma ($\varphi = 68^0\,19'$) $N_D = 1{,}5395 \quad \Delta N = 0{,}00904$.

[1]) Das Butterrefraktometer ist weiteren Kreisen bekannt geworden durch die von der Firma ausgegebene ausführliche *Gebrauchsanweisung* und durch eine Reihe von fachwissenschaftlichen Arbeiten, unter denen die des Hrn. Dr. R. Hefelmann in Dresden in erster Linie zu nennen sind. Durch diese Arbeiten ist das Butterrefraktometer einer über das ursprüngliche Ziel weit hinausgehenden praktischen Verwerthung (für Oele, Fette u. s. w.) entgegengeführt worden. Näheres hierüber in der Gebrauchsanweisung.

Das Refraktometer ist in einer festen und für die Beobachtung bequemen Lage montirt. Die Ablesung der Lage der Grenzlinie erfolgt an einer 100-theiligen Okularskale, deren Angaben entweder direkt mit einander verglichen oder mit Hülfe einer Tabelle in Brechungsindices (n_D) umgerechnet werden. Der Werthbereich der Skale umfasst die Werthe $n_0 = 1{,}4220$ bis $n_{100} = 1{,}4895$.

Bezüglich der Prismenfassung und der Art der Handhabung sei auf die obigen Ausführungen verwiesen.

Es sind noch die übrigen von der Firma schon vor längerer Zeit hergestellten Refraktometer, das sog. *Prozentrefraktometer* und das *Salzwasserrefraktometer*, letzteres nach Prof. O. Krümmel[1]), mit einigen Worten zu erläutern. Beide Instrumente sind Handfernrohre mit darin eingesetzter Okularskale. Die Brennweiten der Objektive sind verschieden, bei dem ersten Instrument etwa 10 *cm*, bei dem zweiten etwa 25 *cm*. Die Farbenkompensation ist durch ein (einziges) drehbares Amici-Prisma erreicht. Das zur Bestimmung des Salzgehaltes von Meerwasser wiederholt benutzte[2]) Salz- oder Seewasserrefraktometer zeigt noch die besondere Eigenthümlichkeit, dass jedes der beiden Prismen durch eine senkrecht zur brechenden Kante verlaufende gerade Rinne so getheilt ist, dass in dem Doppelprisma *gleichzeitig* destillirtes Wasser und Seewasser zur Untersuchung gelangen können. Aus der Differenz der Ablesungen erhält man dann — nahezu unabhängig von der jeweils herrschenden Temperatur — mit Hülfe einer auf empirischem Wege zu ermittelnden Reduktionsformel direkt den Salzgehalt des Seewassers mit einer der aräometrischen Bestimmungsmethode vollkommen gleichwerthigen Genauigkeit. Das Prozentrefraktometer ist für die Ermittelung des Prozent-Gehaltes von wässerigen Lösungen und Flüssigkeitsgemischen (z. B. von Zuckerlösungen, Glyzerin u. s. w.) bestimmt.

D. Refraktometer für Unterrichtszwecke[3]).

Die Konstruktion des Apparates ist durch Hrn. Prof. Sohncke angeregt worden. Derselbe bestellte im Oktober 1896 bei der Firma ein Refraktometer Abbe'scher Konstruktion (ohne Kompensator, Verwendung homogener Lichtquellen), bei welchem die Indicestheilung auf dem Sektor durch eine Kreistheilung ersetzt werden sollte, da das Instrument nicht zu technischen Zwecken, sondern zu Lehr- und Uebungszwecken im physikalischen Praktikum bestimmt war.

Für eine vollständige und zweckentsprechende Lösung der Aufgabe schien es mir rathsam, den Apparat von vornherein so einzurichten, dass man das Instrument nicht allein als Refraktometer, sondern auch als Goniometer zur Bestimmung des Prismenwinkels und zur Ermittelung der Brechungsindices des Prismas benutzen kann. Das im Folgenden beschriebene Instrument dürfte diesen Anforderungen umsomehr entsprechen, als dasselbe wegen der hier ebenfalls in Anwendung gebrachten neuen Prismenfassung auch für die Demonstration der verschiedenen Beleuchtungsmethoden — durchfallendes Licht, Totalreflexion und streifender Eintritt — und deren Unterscheidungsmerkmale, wie Helligkeitsvertheilung zu beiden Seiten der Grenzlinie, Farbensäume u. s. w. zu verwenden ist.

Der in Fig. 8 (in $^1/_2$ nat. Gr.) abgebildete Apparat wird ohne Stativ benutzt. Die rechte Hand des Beobachters umfasst das Fernrohr F zwischen den beiden Stegen,

---

[1]) Vgl. O. Krümmel, *Ann. d. Hydrographie 7. 1894.*

[2]) Vgl. u. A. G. Schott, *Verhandl. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1892.*

[3]) Vorgezeigt auf der Naturforscher-Versammlung in Braunschweig am 22. Sept. 1897.

die linke Hand dirigirt den mit dem Doppelprisma und mit dem Nonius verbundenen Arm A. Der Theilkreis hat eine Theilung von 0° bis 180°, der Nonius giebt 1′ an.

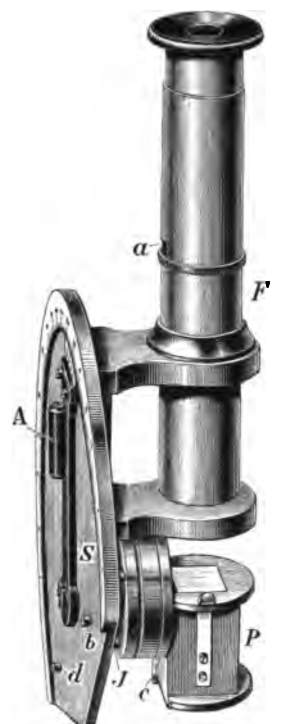


Fig. 8.

a) Messung des Prismenwinkels φ. Die Grösse des Winkels φ ergiebt sich ohne Weiteres aus den beiden Stellungen des Prismas, in welchen das Fernrohr senkrecht auf die Prismenfläche eingestellt ist. Für die Beobachtung der Normalstellung des Fernrohres zur Fläche ist das Fernrohr mit einem kleinen Beleuchtungsprisma (siehe *a* in Fig. 8) ausgerüstet worden, welches in der Fokalebene des Fernrohrobjektivs angebracht ist und die unter einem spitzen Winkel zu einander gestellten Fäden des Fadenkreuzes so bedeckt (Fig. 9), dass der Durchschnittspunkt des Fadenkreuzes für die Einstellung auf die Grenzlinie frei bleibt[1]). Die Beleuchtung des Fensterchens *a* erfolgt von links her durch Tages- oder Lampen-Licht. Man stellt auf das Zusammenfallen der Fäden mit ihrem Spiegelbild ein.

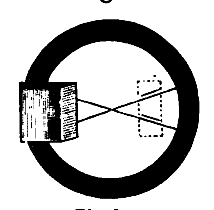


Fig. 9.

Für die Justirung des Glasprismas ist eine besondere Justirungsvorrichtung J vorgesehen.

b) Bestimmung des Brechungsindex N des Prismas. Es ist der Winkel i zu bestimmen, unter dem der Grenzstrahl der Totalreflexion *an Luft* das Prisma verlässt. Die Stellung des Instruments zur Lichtquelle für die drei auch hierfür verwendbaren Beleuchtungsmethoden ist aus dem in den Fig. 10, 11 und 12 skizzirten Strahlengange zu ersehen.



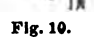


Fig. 10.

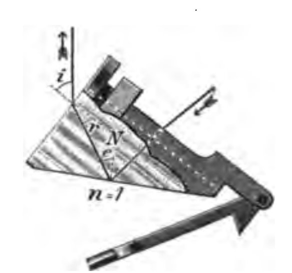


Fig. 11.

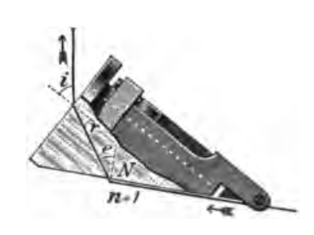


Fig. 12.

Für die Berechnung von N gilt dann die aus den Fundamentalgleichungen

$$N \sin e = 1, \quad e = \varphi - r \quad \text{und} \quad \sin i = N \sin r$$

abgeleitete Formel

$$\sqrt{N^2 - 1} = \frac{\cos\varphi + \sin i}{\sin\varphi}.$$

Die logarithmische Ausrechnung von N nach der vorstehenden Formel wird, wie Hr. Straubel bemerkt hat, dadurch erleichtert, dass man für die rechts stehende Seite der Formel setzt

$$\frac{\cos\varphi + \cos(90^\circ - i)}{\sin\varphi} = \frac{2\cos\frac{\varphi + (90^\circ - i)}{2}\cos\frac{\varphi - (90^\circ - i)}{2}}{\sin\varphi} = tg\,\psi,$$

[1]) Vgl. Pulfrich, *diese Zeitschr.* ***15.*** *S. 343. 1895.*

unter ψ einen Hülfswinkel verstanden. Man findet dann den Werth von N ohne Weiteres zu

$$N = \frac{1}{\cos \psi}.$$

c) Bestimmung von n (siehe die Fig. 1, 2 u. 3). Es ist der Winkel i (nach Grösse und Vorzeichen) zu bestimmen, unter dem der Grenzstrahl der Totalreflexion *an der betreffenden Substanz* das Prisma verlässt. Der Winkel i (ebenso r) ist mit dem + oder — Vorzeichen zu versehen, je nachdem der austretende Strahl der brechenden Kante des Prismas ab- oder zugewandt ist. Aus i, N und φ erhält man dann den Brechungsindex n des Objektes zu

$$n = \sin \varphi \sqrt{N^2 - \sin^2 i} - \cos \varphi \sin i,$$

oder einfacher durch Anwendung der Bestimmungsgleichungen

$$\sin r = \frac{\sin i}{N}, \quad e = \varphi - r, \quad n = N \sin e.$$

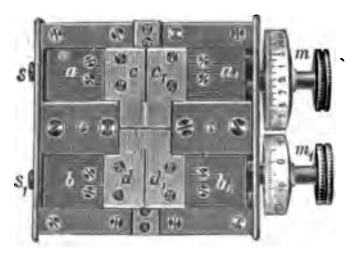
Jena, März 1898.

Neue Konstruktion des symmetrischen Doppelspaltes nach v. Vierordt[1]).

Von
C. Leiss.
(Mittheilung aus der R. Fuess'schen Werkstätte in Steglitz bei Berlin.)

Der in nebenstehender Figur abgebildete symmetrische Doppelspalt zeichnet sich gegenüber der gebräuchlichen Konstruktion durch sein beträchtlich geringeres Gewicht und durch seine relativ grössere Zuverlässigkeit bei der genauen Messung der Spaltbreiten aus.

Auf einer mit der Einschiebehülse für den Kollimator verbundenen ebenen Platte sind in bekannter Art die Schlittenpaare $a\,a_1$ und $b\,b_1$ befestigt, welche die Backenpaare $c\,c_1$ und $d\,d_1$ tragen. Diese berühren sich genau in der Mitte des Spaltes und theilen diesen in 2 Theile. Jede Spalthälfte kann mittels einer der beiden Mikrometerschrauben m und m_1 für sich weiter oder enger gestellt werden und die Spaltbreite an der Trommel der benutzten Mikrometerschraube abgelesen werden. Die beiden Indexmarken der Theiltrommeln liegen für die bessere Ablesung während des Gebrauchs an der Rückseite der Spalteinrichtung und sind daher in der Figur nicht sichtbar.



Das symmetrische Oeffnen der Spaltbacken wird bei diesem Spalt dadurch erzielt, dass jede Spindel der Mikrometerschrauben mit einem Rechts- und einem Links-Gewinde versehen ist, deren Muttergewinde mit den Schieberpaaren $a\,a_1$ und $b\,b_1$ in Verbindung stehen. Die Steigung der Gewinde beträgt genau 0,5 *mm*. Eine der beiden Trommeln trägt eine Eintheilung in 250 Intervalle, und es bedeutet demgemäss ein Trommelintervall $^1/_{500}$ *mm*; die andere Trommel ist in 100 Theile getheilt, sodass man an dieser $^1/_{200}$ *mm* unmittelbar erhält.

Wenn beide Spalthälften geschlossen sind, sollen die Nullpunkte der Trommeltheilungen mit ihren Indexmarken koïnzidiren. Damit diese Einstellung nöthigenfalls

[1]) v. Vierordt, Anwendung der Spektralanalyse zur Photometrie der Absorptionsspektren, Tübingen 1873; derselbe, *Zeitschr. f. analyt. Chemie 1882. S. 182.*

auch vom Beobachter einmal leicht ausgeführt werden kann, sind die Trommeln auf ihren Achsen nach Lösen der Griffknöpfe drehbar.

Ein etwaiger todter Gang in den Schrauben ist durch sanft wirkende Gegenfedern aufgehoben; s und s_1 sind zwei Stahlschrauben, gegen deren gehärtete Endflächen die spitz auslaufenden und gleichfalls harten Enden der Mikrometerschrauben anliegen, wodurch einerseits denselben eine sichere und unveränderliche Lagerung gegeben und andererseits die Drehung der Mikrometerschrauben ausserordentlich erleichtert wird. — Der Preis des neuen Doppelspaltes beträgt 135 M.

Referate.

Ueber die Anwendung des Deichmüller'schen Zenithspiegels für die Bestimmung des Zenithes und eines Koëffizienten im Ausdruck für die Biegungskorrektion.

Von W. Ebert und J. Perchot. *Compt. rend.* ***125.*** *S. 1009. 1897;* ***126.*** *1898.*

Die Verff. haben mit dem Deichmüller'schen Zenithspiegel (s. *diese Zeitschr.* ***18.*** *S. 21. 1898*) auf der Pariser Sternwarte Versuche angestellt, die zu ihrer Befriedigung ausfielen, nachdem sie mit zwei Schwierigkeiten zu kämpfen gehabt hatten. Die eine Schwierigkeit bestand darin, dass die Brennebene, in der die Sterne sich abbildeten, nicht mit der Ebene, in die bei den Beobachtungen mit dem Zenithspiegel das Bild des Fadenkreuzes zu liegen kam, zusammenfiel; beim Gebrauch des Quecksilberhorizontes zu den Nadirbestimmungen habe sich dieselbe Erscheinung gezeigt. Nach Ansicht des Ref. könnte als Erklärung dienen, dass das Fadenkreuz vielleicht nicht ganz genau in der Brennebene des Objektives stand, was zwar bei den Sternbeobachtungen sich nicht merklich machte, wohl aber bei der hierfür eine scharfe Probe abgebenden Beobachtung der Autokollimation der Fäden mittels des Zenithspiegels. Bei der Beobachtung der Autokollimation mittels des Quecksilberhorizontes dürfte, wenn die Quecksilberschicht zur Vermeidung der Schwankungen nur dünn genommen und die Fläche nicht sehr ausgedehnt war, infolge von Kapillarwirkung vielleicht eine Krümmung der Quecksilberoberfläche vorhanden und demzufolge das Bild der Fäden ausserhalb der Fokalebene entstanden sein. Hat z. B. die spiegelnde Quecksilberfläche einen Krümmungsradius von 2 *km* und das Objektiv eine Brennweite von 1,5 *m*, so liegt das Bild des mit der Brennebene zusammenfallenden Fadennetzes $2^1/_4$ *mm* von diesem ab. Die Verff. haben, wie sie sagen, den Uebelstand durch Regulirung der Beleuchtung beseitigt.

Die zweite Schwierigkeit bestand darin, dass der Zenithspiegel, wenn er für die Einzelablesungen, die nachher zum Mittel vereinigt wurden, in die verschiedenen, um je 90° differirenden Lagen gebracht worden war, in der schliesslich wieder erreichten Anfangsstellung eine von der ersten verschiedene Ablesung lieferte. Um die Verschiebung des auf dem Quecksilber schwimmenden Glasspiegels, mit der stets eine Aenderung der Kapillarwirkung des zwischen dem Spiegel und dem Gefässrand befindlichen schmalen Quecksilberringes und infolgedessen auch eine Neigungsänderung des Spiegels verbunden ist, möglichst einzuschränken, wurden im Abstand von 120° drei Schräubchen angebracht, die dem Spiegel zwar genügend Freiheit zur Einstellung in die horizontale Lage liessen, aber eine Abweichung nach der Seite verhinderten.

Mit Anwendung dieser Vorsichtsmaassregeln liess sich die Bestimmung des Zeniths mittels des Deichmüller'schen Zenithspiegels ebenso sicher und genau ausführen wie die Bestimmung des Nadir mit dem Quecksilberhorizont.

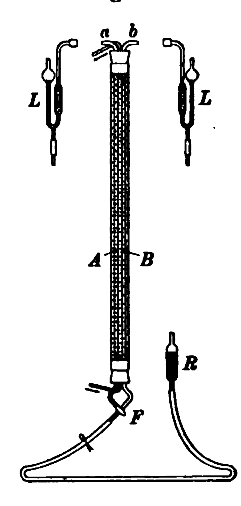
Interessant ist die von den Verff. gemachte Anwendung des Zenith- und des Nadirspiegels (als letzterer diente ihnen der gewöhnliche Quecksilberhorizont, nicht die von Prof. Deichmüller vorgeschlagene, etwas abgeänderte Einrichtung) zur Bestimmung des

Koëffizienten des Cosinusgliedes in dem Ausdruck $a \sin z + b \cos z$, welcher bekanntlich die Korrektion einer Kreisablesung wegen der Biegung des Rohres und des Kreises darstellt, wenn z die Zenithdistanz des anvisirten Punktes ist. Die Methode gleicht der zur Bestimmung von a mit Hülfe zweier Kollimatoren. Wie nämlich in diesem Falle das Fernrohr nach einander auf die beiden Kollimatoren, also auf zwei einander gegenüberliegende Punkte des Horizontes eingestellt wird und, da für die beiden Einstellungen $\sin z$ gleich $+1$ und -1, $\cos z$ aber gleich Null ist, a aus den Ablesungen leicht gefunden werden kann, so wird zur Bestimmung von b das Fernrohr einmal in die Zenithrichtung und einmal in die Nadirrichtung gebracht; in diesen beiden Stellungen ist $\sin z = 0$, $\cos z$ aber $+1$ bezw. -1. Die Bestimmung von b ist offenbar mit weniger Schwierigkeiten verknüpft als die von a. *Kn.*

Bestimmung der Dichte von Gasen mit sehr geringen Mengen.

Von Th. Schloesing jr. *Compt. rend.* ***126.*** *S. 220 u. 476. 1898.*

Die Methode der Bestimmung ist diejenige der kommunizirenden Röhren. Zwei Röhren A und B (s. die Figur) von 2 bis 2,5 *mm* Weite und 1,10 bis 1,60 *m* Länge führen beide unten zu einem Dreiwegehahn F, der die Verbindung beider Röhren A und B untereinander bezw. die Verbindung jeder derselben mit dem vertikal beweglichen Quecksilberbehälter R gestattet. Beide Röhren sind am oberen Ende horizontal umgebogen und befinden sich der ganzen Länge nach in Bädern konstanter Temperatur.



Die Dichten zweier Gase lassen sich nach der beschriebenen Methode nur dann vergleichen, wenn dieselben keine chemische Wirkung auf einander ausüben. Nehmen wir als das eine Gas die Kohlensäure, als das andere ein leichteres Gas G an, so ist der Vorgang der Messung der folgende: Man füllt zunächst B mit dem unbekannten Gase G und A mit der Kohlensäure und zwar, ohne dass die Verbindung zwischen A und B durch den Hahn F besteht. Erst nach der Füllung stellt man die Kommunikation her, indem man gleichzeitig die Röhrenenden a und b mit der Atmosphäre in freier Verbindung lässt. Das verschiedene Gewicht der beiden Gassäulen wird nun sofort eine Bewegung in beiden Röhren hervorrufen und zwar wird sich die „Kuppe" der Kohlensäure in A senken und im gleichen Maasse Luft durch a in die Röhre A eintreten; umgekehrt wird durch b ein Theil des Gases G in die Atmosphäre ausgetrieben.

Sobald der Gleichgewichtszustand eingetreten, sperrt man beide Röhren A und B gegen einander ab, führt dann an jedes der beiden Röhrenenden a und b zwei Gefässe L und L heran, welche bezw. Luft und Kohlensäure absorbirende Flüssigkeiten enthalten, und zwingt durch das Spiel von R die Luft und die Kohlensäure, in die Absorptionsgefässe überzutreten. Ist das geschehen, so kann man aus dem neuen Stand der Quecksilberkuppen das Volumen der soeben absorbirten Gase und daraus die Dichte des zu untersuchenden Gases G ableiten.

In der zweiten Abhandlung theilt der Verf. einige nach der beschriebenen Methode erhaltene Daten zur Orientirung über die Genauigkeit der Bestimmung mit. Bei den Versuchen, die sich auf Stickstoff, Sauerstoff, Argon, Methan und Wasserstoff beziehen, bildete sich mit Ausnahme des Wasserstoffs ein Gleichgewichtszustand in hinreichend kurzer Zeit sehr gut aus. Mit verschiedenen Apparaten konnten die Dichten schon nach 6 bis 8 Minuten im Allgemeinen genügend scharf bestimmt werden. Dabei lag das Volumen des untersuchten Gases zwischen 5 und 7 ccm. *Schl.*

Die Schmelzpunkte von Silber und Gold.

Von D. Berthelot. *Compt. rend.* ***126.*** *S. 473. 1898.*

Die Bestimmung der Schmelztemperaturen geschah mittels eines Thermoelementes Platin-Platin-Iridium (10% Platin) in der Art, dass die Löthstelle im elektrischen Ofen unmittelbar neben einem Stückchen des zu schmelzenden Metalles angeordnet wurde, wobei

dies letztere den Stromschluss zwischen zwei Platindrähten vermittelte. Wurde bei steigender Temperatur im Ofen durch Schmelzen des Metallstückchens der letzterwähnte Strom unterbrochen, so wurde die Temperatur des Ofens auf die gerade herrschende Temperatur konstant eingestellt und diese letztere mittels des Thermoelementes gemessen. Den gefundenen Schmelztemperaturen stellt der Verf. die von andern Beobachtern ermittelten gegenüber.

	E. Becquerel 1863	Violle 1879	Erhard u. Schertel 1879	Barus 1894	Holborn u. Wien 1895	D. Berthelot (Mittel) 1898
Silber	960°	954°	954°	986°	971°	962°
Gold	1092°	1035°	1075°	1091°	1072°	1064°

Die von Berthelot gefundenen Werthe variiren für Silber zwischen 959,2° und 966,2°, für Gold zwischen 1062,1° und 1066,7°. *Schl.*

Einige Eigenschaften von Wärmestrahlen grosser Wellenlänge. II.

Von H. Rubens und E. F. Nichols. *Phys. Rev. 5. S. 152. 1897.*

Beim Steinsalz erhielten die Verf. die Strahlen der Zirkonlampe erst durch 5-malige selektive Reflexion genügend homogen. Die Energie der übrigbleibenden Strahlung war aber sehr gering, sodass die Verf. die direkte Messung der Wellenlänge durch Aufsuchen des Maximums im Diffraktionsspektrum für aussichtslos hielten. Durchlässigkeit für diese Strahlen zeigte besonders Paraffin. Für eine Reihe anderer Substanzen wurde festgestellt, dass jedenfalls für Wellenlängen kleiner als 25 μ keine Stellen metallischer Reflexion vorhanden seien.

Es wurden dann die durch 4 Reflexionen an Flussspath erhaltenen Strahlen auf Absorption, Reflexion und Brechung bei verschiedenen Medien untersucht. Messbare Durchlässigkeit bei einer Schichtdicke von annähernd 1 *mm* zeigten nur Chlorsilber, Sylvin und Steinsalz. Das Gesetz für die Abhängigkeit der Absorption von der Schichtdicke fand sich nur unvollkommen bestätigt, es dürfte dies in der mangelhaften Homogenität der Strahlen seinen Grund haben. Es wurde dann das Reflexionsvermögen verschiedener Substanzen mit dem des Silbers verglichen; die Silberreflexion wurde als eine vollständige angesehen, einmal weil dieselbe sowohl im Infraroth wie im sichtbaren Spektrum immer mit der Wellenlänge wächst und schon bei 4 μ über 99% beträgt, anderseits weil die Reflexion mit der einer Reihe von Metallen für die Flussspathstrahlen übereinstimmend gefunden wurde. Stärkere Reflexion zeigen ausser Flussspath besonders Quarz und Glimmer, die ja in der Nähe Absorptionsbanden haben. Die Fresnel'sche Beziehung zwischen Reflexion und Brechung zeigte sich ohne merklichen Fehler bestätigt. Für Sylvin und Steinsalz wurden dann die Brechungsexponenten an Prismen gemessen und die so erhaltenen Daten für eine neue Bestimmung der Konstanten der Ketteler-Helmholtz'schen Dispersionsformel verwerthet. Auf diesem Wege war es auch möglich, die Wellenlänge der Steinsalzstrahlen zu ungefähr 50 μ zu ermitteln.

Den Schluss der Abhandlung bildet der sehr interessante Nachweis elektrischer Resonanzwirkungen für diese langwelligen Strahlen. Es gelang den Verf., die Versuche von Garbasso, welcher bei elektrischen Schwingungen von 43 und 70 *cm* Wellenlänge Verstärkung der Reflexion durch parallel zur Schwingungsrichtung gestellte Resonatoren erhalten hatte, für die wesentlich kleineren Verhältnisse bei den Wärmestrahlen nachzubilden. Um entsprechende Resonatoren zu erhalten, zerlegten die Verf. den Silberbelag einer Glasplatte in kleine rechteckige Streifen von 5 μ Breite und eben solchem Abstande, während die Streifenlänge für 5 verschiedene Platten wie folgt gewählt war: 6, 12, 18, 24 μ, ∞. Die Reflexion wurde für polarisirte Strahlen untersucht, sowohl für den Fall, dass die elektrische Komponente parallel zur Längsrichtung der Streifen war, als auch senkrecht dazu. Alle Resonatoren zeigten stärkere Reflexion für den ersten Fall. Die stärkste Reflexion gab der Resonator mit sehr langen Streifen, da hier für alle Wellenlängen günstige Resonanzbedingungen sind. Ferner zeigte sich in Analogie mit elektrischen Experimenten von Righi stärkere Reflexion, wenn die Streifenlänge eine gerade Anzahl von Viertel-Wellenlängen betrug, als bei einer ungeraden Anzahl. *A. K.*

Ueber einen Apparat, der zur Trennung von Strahlen mit nahe gleicher Wellenlänge geeignet ist.

Von M. Hamy. *Compt. rend.* **125.** *S. 1092. 1897.*

Um die Strahlen einer nahezu monochromatischen Lichtquelle, die nur Licht von einigen (Verf. beschränkt sich auf 2) benachbarten Wellenlängen aussendet, wie etwa der Natriumflamme, zu analysiren, geht Verf. von folgender Erwägung aus. Wenn man ein paralleles Strahlenbündel von derartigem Licht in zwei Theile spaltet, die nach Ertheilung eines passenden Wegunterschiedes zur Interferenz kommen, so giebt es gewisse Wegunterschiede, bei denen die Strahlen der einen Wellenlänge sich auslöschen, die anderen dagegen sich verstärken; es sind dieselben Wegunterschiede, bei denen auch das Fizeau'sche Phänomen des Verschwindens der Interferenzstreifen auftritt.

Die Versuchsanordnung des Verf. ist folgende: Die von einer eng begrenzten Lichtquelle L ausgehenden Strahlen werden durch eine plankonvexe Linse parallel gemacht. Ein Theil derselben wird von der hinteren zur Hälfte versilberten Planfläche der Linse, der übrige Theil wird von einem dieser Ebene genau parallelen, ebenen Silberspiegel zurückgeworfen. Die Strahlen vereinigen sich in einem Punkt L', der symmetrisch zu L in Bezug auf die optische Achse liegt; hier werden nun bei richtig gewähltem Abstand der Spiegel nur die Strahlen der einen Wellenlänge wirksam bleiben. *A. K.*

Neuere Untersuchungen über das Zeemann'sche Phänomen.

Von P. Zeemann. *Phil. Mag.* **44.** *S. 55 u. 255. 1897.* — A. A. Michelson. *Phil. Mag.* **44.** *S. 109. 1897.* — [Dunstan Rice und Kraus. *Electrician.* **39.** *S. 119. 1897.*] — W. König. *Wied. Ann.* **62.** *S. 240 u.* **63.** *S. 268. 1897.* — A. Cornu. *Compt. rend.* **125.** *S. 555. 1897.* — N. Egoroff und N. Georgiewsky. *Compt. rend.* **124.** *S. 748 u. S. 949;* **125.** *S. 16. 1897.* — Cotton. *Compt. rend.* **125.** *S. 1169. 1897.* — Broca. *Journ. de phys. (3).* **6.** *S. 678. 1897.* — Becquerel. *Journ. de phys. (3).* **6.** *S. 681. 1897.*

Vor einiger Zeit (vgl. *diese Zeitschr.* **17.** *S. 223. 1897*) wurde bereits über die wichtige Entdeckung Zeemann's berichtet, dass ein magnetisches Feld das von einem glühenden Körper ausgesandte Licht verändert. Diese Erscheinung ist inzwischen von mehreren Physikern studirt worden und es soll im Folgenden über die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchungen berichtet werden.

Zeemann selbst gelang es, durch geeignete Wahl eines Gitters und durch Verstärkung des magnetischen Feldes nicht nur eine Verbreiterung der Spektrallinien zu erzielen, sondern dieselben in getrennte Linien auseinanderzutreiben. Dabei muss man unterscheiden, ob das Licht senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien oder parallel zu denselben (durch Löcher in den Polstücken) ausgesandt wird. Blickt man in Richtung der Kraftlinien, so zerfällt bei hinreichend starkem Felde eine Linie in zwei getrennte Linien, von denen die eine rechtszirkular, die andre linkszirkular polarisirt ist. Beobachtet man dagegen senkrecht zur Richtung der Kraftlinien, so wird die ursprünglich einfache Linie in drei getrennte Linien auseinandergetrieben, die sämmtlich linear polarisirt sind; und zwar sind die beiden äusseren Linien gleichartig polarisirt, dagegen steht die Polarisationsrichtung der mittleren Linie senkrecht zu denen der äusseren. Eine vollständige Trennung der Linien gelang erst bei einem Felde von 32000 *C.G.S.*-Einheiten. Bei schwächeren Feldern überdecken sich die Linien mit ihren verschiedenen Polarisationszuständen; man beobachtet dann verbreiterte Linien; die charakteristischen Polarisationen kann man nur noch an den äussersten Rändern bezw. der Mitte der verbreiterten Linie erkennen.

Um nun diese Polarisationszustände gut demonstriren zu können, haben Cornu und W. König gleichzeitig dieselbe Differenzmethode angegeben. Es seien im Folgenden die Versuche von König beschrieben.

König benutzte nicht die Linie selbst, sondern ihre Umkehrung. Das Licht einer elektrischen Bogenlampe, das durch eine Kondensorlinse schwach konvergent gemacht worden

war, durchsetzte eine zwischen den Polen eines Elektromagnets aufgestellte Natriumflamme und fiel dann auf den Spalt eines Kollimatorrohres. Die aus dem Rohr austretenden Parallelstrahlen wurden von einem ebenen Rowland'schen Gitter reflektirt und spektral zerlegt. Mit einem Beobachtungsfernrohr wurde je nach Bedarf das zweite oder dritte Beugungsspektrum beobachtet.

a) Die Lichtstrahlen verlaufen in Richtung der Kraftlinien.

Zwei $\lambda/4$ Glimmerplatten werden so neben einander gelegt, dass ihre Trennungslinie auf dem Spalt senkrecht steht, und die gleichen Achsen der Platten untereinander einen Winkel von 90° und jede von ihnen mit der Trennungslinie einen Winkel von 45° bildet (Fig. 1). Durch die Viertelundulationsplatte wird das zirkular polarisirte Licht in linear polarisirtes umgewandelt. Und zwar wird ein links- und ein rechtszirkular polarisirter Strahl zu zwei linear polarisirten Strahlen, deren Polarisationsebenen auf einander senkrecht stehen. Ist also durch die Wirkung des Elektromagnets eine Linie in zwei entgegengesetzt zirkular polarisirte Strahlen zerfallen, so werden diese Strahlen durch die Viertelundulationsplatte zu zwei linear polarisirten Strahlen, deren Polarisationsebenen auf einander senkrecht stehen. Da aber die Achsenrichtungen der Doppelplatte auf einander senkrecht stehen, so stehen auch die Polarisationsebenen der oberen und der unteren Linienhälfte auf einander senkrecht (Fig. 2).

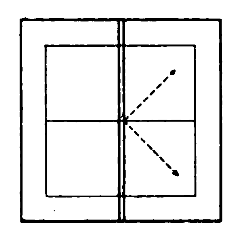

Fig. 1.



Fig. 2.

Wird jetzt noch ein grosses Nicol'sches Prisma zwischen Kollimator und Gitter gestellt, so kann man durch Drehen des Prismas eine Lage finden, bei welcher man nur die Theile rechts oben und links unten erblickt (in der Figur dicker gezeichnet). Dreht man das Prisma um 90°, so werden die soeben genannten Hälften ausgelöscht und die beiden andern werden sichtbar.

Die in Fig. 2 dargestellte Zerlegung kann man auch auf einem anderen Wege erhalten. An die Stelle der Doppelplatte bringt man eine den ganzen Spalt bedeckende $\lambda/4$ Glimmerplatte, deren Achsen mit der Spaltrichtung einen Winkel von 45° bilden. An die Stelle des Nicols wird ein doppeltbrechendes Prisma gebracht und so gedreht, dass das ausserordentliche Bild des Spaltes in die Verlängerung des ordentlichen fällt. Sind nun die Prismenwinkel so bemessen, dass die beiden Bilder sich zum Theil überdecken, so kann man sie durch theilweises Abblenden des Spaltes zur Berührung bringen. Da aber die beiden Linien des Dublets durch die $\lambda/4$ Platte senkrecht zu einander linear polarisirt sind, so wird von der einen nur der ordentliche, von der anderen nur der ausserordentliche Strahl im doppeltbrechenden Prisma zu Stande kommen, d. h. man erblickt im Fernrohr wieder nur *eine* Linie, die in der Mitte einen Knick hat.

b) Die Lichtstrahlen verlaufen senkrecht zur Richtung der Kraftlinien.

Die eine Hälfte des Spaltes wird durch eine $\lambda/2$ Glimmerplatte bedeckt, deren Achsenrichtungen mit der Spaltrichtung Winkel von 45° einschliessen. Eine derartige Platte hat die Wirkung, dass sie die Polarisationsebene linearen Lichtes um 90° dreht. Fig. 3 zeigt, wie die linear polarisirten Theile der Drillingslinie durch diese Platte verändert werden. Man kann also jetzt wieder durch ein geeignet orientirtes Nicol'sches Prisma von der einen Hälfte den mittleren Theil, von der anderen die äusseren auslöschen.

Ähnlich wie im Falle a) erhält man dasselbe Bild im Beobachtungsfernrohr durch ein doppeltbrechendes Prisma (ohne Glimmerplatte) vor dem Spalt. Denn ein derartiges Prisma giebt, wenn unpolarisirtes Licht auffällt, zwei senkrecht zu einander polarisirte Hälften des Spaltbildes.


Fig. 3.

Im ersten Referat wurde bereits darauf hingewiesen, dass man die von Zeemann entdeckten Erscheinungen durch eine Theorie von Lorentz erklären kann. Cornu stellt, wenn auch keine Theorie, so doch gewisse Regeln auf, durch welche sich die Erscheinungen erklären lassen. Er benutzt folgende bekannte Anschauungen.

1. Jeden gewöhnlichen Lichtstrahl kann man zerlegen in zwei linear polarisirte von gleicher Intensität, deren Polarisationsebenen aufeinander senkrecht stehen (Fresnel).

2. Jeden linear polarisirten Lichtstrahl kann man sich zerlegt denken in zwei zirkular polarisirte von gleicher Intensität und entgegengesetzter Schwingungsrichtung (Fresnel).

3. Eine magnetische Kraftlinie ist äquivalent der Achse eines stromdurchflossenen Solenoïds (Ampère).

Dazu fügt Cornu die Regeln:

4. Ein magnetisches Feld sucht diejenigen geradlinigen Schwingungen, die im Stande sind, sich in Wellenform fortzupflanzen, in zwei Zirkularschwingungen zu zerlegen, deren Schwingungsebene den den Kraftlinien entsprechenden Solenoïdströmen parallel ist.

5. Die Schwingungen, die in demselben Sinne, wie die Solenoïdströme verlaufen, werden beschleunigt, die anderen verzögert.

Um das Zeemann'sche Phänomen nach diesen Regeln zu erklären, denkt man sich ein rechtwinkliges Koordinatensystem, in dem die z-Achse die Kraftlinienrichtung vorstellt. Blickt man in Richtung der Kraftlinien, so hat man sich nach 1., 2., 4. das Licht in zwei zirkular polarisirte Strahlen von entgegengesetzter Schwingungsrichtung zerlegt zu denken, deren Schwingungsebenen parallel der xy-Ebene sind. Aus 5. ergiebt sich dann, dass die Wellenlänge des einen Zirkularstrahles vergrössert wird, die des anderen verkleinert.

Blickt man senkrecht zu der Richtung der Kraftlinien (z-Achse), so falle die Richtung der Fortpflanzung des Lichtes in die x-Achse. Man hat sich dann das natürliche Licht in zwei linear polarisirte Strahlen (Regel 1) in Richtung der y und z zerlegt zu denken. Von diesen wird die z-Komponente, die mit der Richtung der Kraftlinien zusammenfällt, durch den Magnetismus nicht verändert, d. h. sie wird an der ursprünglichen Stelle des Spektrums bleiben, aber linear polarisirt erscheinen. Die y-Komponente dagegen hat man sich wieder in zwei entgegengesetzt zirkular polarisirte Strahlen zerlegt zu denken (Regel 4), deren Schwingungsebene in die xy-Ebene fällt. Von diesen Strahlen wird (Regel 5) die Wellenlänge des einen vergrössert, die des anderen verkleinert. Von den diese Zirkularschwingungen zusammensetzenden Komponenten kommt aber nur die in Richtung der y-Achse in Betracht, weil die in Richtung der x (Fortpflanzungsrichtung) longitudinale Schwingungen liefern müsste, d. h. man erhält noch zwei Linien im Spektrum von kleinerer und grösserer Wellenlänge. Beide sind in demselben Sinne linear polarisirt und zwar senkrecht zur Polarisationsrichtung der Mittellinie.

Im Vorigen ist gezeigt worden, dass durch den Magnetismus das Licht in einzelne polarisirte Theile zerfällt, aber das gesammte unzerlegte Licht müsste unpolarisirt erscheinen.

Dagegen haben nun Egoroff und Georgiewsky dadurch, dass sie eine Natriumflamme mit dem Savart'schen Polariskop studirten, gefunden, dass eine derartige Flamme senkrecht zur Kraftlinienrichtung theilweise polarisirtes Licht aussendet, und dass das in schiefer Richtung ausgestrahlte Licht zum Theil elliptisch polarisirt ist.

Um diese Thatsache, die mit den bisher aufgestellten Anschauungen scheinbar nicht stimmt, zu erklären, mag auf Versuche eingegangen werden, die König in einer zweiten Arbeit mitgetheilt hat. König stellte zwischen die Pole des Magnets eine intensive Natriumflamme, ausserhalb des Feldes dagegen befand sich eine Absorptionsflamme. Dieselbe stellte man dadurch her, dass eine Bunsenflamme etwa in halber Höhe durch ein Drahtnetz abgegrenzt wurde und in den unteren Theil eine Kochsalzperle gebracht wurde; der obere Theil bildete dann die Absorptionsflamme. Ist das Feld nicht erregt, so wird die Emissionsflamme durch die Absorptionsflamme hindurch gesehen dunkel erscheinen. Durch Erregen des Magnetismus werden nun neue Schwingungen von anderen Wellenlängen erzeugt, die also nicht mehr von der Absorptionsflamme ausgelöscht werden können. Blickt man in Richtung der Kraftlinien, so werden beide zirkular polarisirte Linien die Absorptionsflamme durchsetzen und scheinbar natürliches Licht geben. Blickt man dagegen in Richtung der Kraftlinien, so wird die Absorptionsflamme von dem entstehenden Triplet die mittlere

Linie, deren Wellenlänge nicht verändert ist, auslöschen, die äusseren dagegen durchlassen. Nach den früheren Auseinandersetzungen muss also das durchgelassene Licht vollständig linear polarisirt sein. Der Versuch hat diese Überlegung vollkommen bestätigt. Denkt man sich nun, dass bei den Versuchen von Egoroff und Georgiewsky die äussere Hülle der Natriumflamme die Rolle der Absorptionsflamme in den König'schen Versuchen spielt, so erkennt man ohne weiteres das Zustandekommen des theilweise polarisirten Lichtes. Für diese Erklärung spricht auch der Umstand, dass Egoroff und Georgiewsky die theilweise Polarisation bei den Funkenspektren der Metalle nur an den umgekehrten Linien gefunden haben, und weiter, dass der Betrag des polarisirten Antheils bei der Natriumflamme von der Temperatur abhing. Auf Grund ganz ähnlicher Versuche kommt auch Cotton zu derselben Anschauung.

Auf einem ganz anderen Wege hat Michelson das Zeemann'sche Phänomen studirt. Das Licht einer Natriumflamme A (Fig. 4), die zwischen den Polen des Elektromagnets B aufgestellt ist, wird durch eine Linse C schwach konvergent gemacht und fällt unter dem Einfallswinkel 45° auf die planparallele Platte D, deren Rückseite schwach versilbert ist. Infolge dessen theilt sich der Strahl. Der eine Theil wird an D reflektirt, wird dann vom Spiegel E in derselben Richtung zurückgeworfen, durchsetzt die Platte D und gelangt in das Beobachtungsfernrohr G. Der andere Theil geht durch die Platte D hindurch, durchsetzt die Platte H, die eingeschaltet ist, um für beide Theile gleiche Absorptionsverhältnisse zu schaffen, kehrt dann nach Reflexion am Spiegel F auf demselben Wege nach D zurück, und gelangt schliesslich nach Reflexion an D ebenfalls nach G. Diese Spiegelkombination wird als Michelson'sches Interferenzrefraktometer bezeichnet (vgl. auch *diese Zeitschr.* ***17.*** *S. 286. 1897.*) Im Beobachtungsfernrohr erblickt man Interferenzstreifen, die je nach der Differenz der Entfernungen der Spiegel FD und ED schärfer oder verwaschener erscheinen. Wird mit J die Lichtintensität bezeichnet, so definirt Michelson als Deutlichkeit der Interferenzstreifen den Quotienten $\frac{J_{\text{hell}} - J_{\text{dunkel}}}{J_{\text{hell}} + J_{\text{dunkel}}}$. Verändert man jetzt die Entfernung DE, so kann man die Veränderlichkeit der „Deutlichkeit“ mit dieser Entfernung experimentell bestimmen und durch eine Kurve darstellen. Diese Deutlichkeitskurven sind nun ein sehr empfindliches Reagens für die Homogenität der Lichtart. Man kann aus ihr direkt die Intensitätsvertheilung in einer Linie (als Funktion der Wellenlänge) herleiten. Michelson bestimmt nun die Deutlichkeitskurve zunächst für eine Flamme, die sich im Felde Null befindet. Alsdann steigert er nach und nach das magnetische Feld und studirt die dadurch hervorgerufenen Veränderungen der Deutlichkeitskurve. Indem er aus diesen Kurven die Intensitätsvertheilung ableitet, findet er, dass die Linie in zwei Theile auseinandergetrieben wird. Eine Dreitheilung konnte er aus seinen Kurven nicht ableiten. Man hat darauf aufmerksam gemacht, dass von der Drillingslinie der mittlere Theil in gewissem Sinne linear polarisirt ist, sodass er bei den mehrfachen Reflexionen und Brechungen im Refraktometer sehr stark geschwächt werden kann.

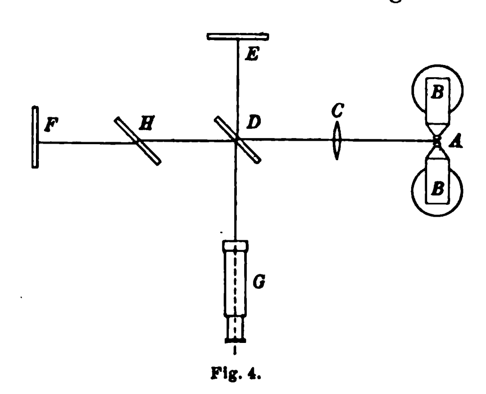


Fig. 4.

Es ist nun versucht worden, das Zeemann'sche Phänomen in Beziehung zu setzen zu den von Faraday gefundenen Erscheinungen, dass in vielen Substanzen durch ein magnetisches Feld die Polarisationsebene des Lichtes gedreht wird. Bekanntlich wird diese Erscheinung dadurch erklärt, dass man sich den Lichtstrahl in zwei zirkular polarisirte Strahlen zerlegt, von denen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des einen beschleunigt, die des anderen verzögert wird. Es handelt sich nun um die Frage: tritt ausser dieser Veränderung auch eine Veränderung der Schwingungsdauer des Lichtes ein, wie sie Zeemann

beobachtete, wenn die Lichtquelle selbst sich im magnetischen Felde befindet? Um diese Frage zu entscheiden, liess Broca Sonnenlicht durch ein Gefäss mit Thoulet'scher Flüssigkeit fallen, das sich zwischen den Polen eines Elektromagnets befand. Das ausgetretene Licht wurde spektral zerlegt und ein Theil des Spektrums, das durch einen Spalt begrenzt war, auf ein Gitter gerichtet. Broca beobachtete dann das sechste Beugungsspektrum, das eine sehr grosse Dispersion zeigt, und konnte beim Erregen des Elektromagnets nicht die geringste Verschiebung der Linien entdecken. Auch als er die Thoulet'sche Flüssigkeit durch eine auf platinirtes Glas elektrolytisch niedergeschlagene dünne Eisenschicht (Kundt) ersetzte, war der Erfolg negativ.

Demgegenüber hat Becquerel versucht, eine zahlenmässige Beziehung zwischen den beiden anscheinend von einander unabhängigen Erscheinungen herzustellen. Becquerel geht von der Anschauung aus, dass, wie bereits auseinandergesetzt, ein Magnetfeld durch Wirbelbewegungen im Äther erklärt wird. Die Periode dieser Wirbelbewegungen sei Θ. Betrachtet man nun den Zeemann'schen Versuch, bei dem das Licht in Richtung der Kraftlinien verläuft, so macht Becquerel die Annahme, dass sich die Wirbelbewegungen des Athers und die Zirkularschwingungen der beiden Lichtstrahlen einfach addiren. Bedeutet λ die Wellenlänge des Lichtes im Vakuum, V_0 die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, so erhält man

$$\frac{1}{\Theta} = -\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot \frac{V_0}{2\lambda}.$$

Nun hat Zeemann durch Messung der Verbreiterung der Linien gefunden, dass

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{1}{40000}$$

für ein Feld 10^4 *C.G.S.*-Einheiten beträgt. Macht man also noch die Annahme, dass die Geschwindigkeit der Wirbelbewegung der Feldstärke proportional ist, so erhält man

$$\frac{1}{\Theta} = 6{,}36 \cdot 10^5 \text{ Schwingungen pro Sekunde}$$

für das magnetische Feld 1.

Für die elektromagnetische Drehung macht Becquerel die Annahme, dass ein zirkular polarisirter Lichtstrahl, dessen Fortpflanzungsrichtung mit der Achse der Wirbelbewegung (Feldrichtung) übereinstimmt, sich verhält, als ob der Äther unbeweglich wäre, sodass man seine relative Bewegung zum Äther betrachten muss. Gehen z. B. Zirkularschwingungen und Wirbelbewegung in demselben Sinne, so wird scheinbar die Wellenlänge vergrössert und damit auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Bedeuten nun ω die elektromagnetische Drehung, d die Dicke der durchstrahlten Schicht, n den Brechungsindex, so wird

$$\frac{\omega}{2nd} = -\frac{1}{V_0\Theta}\lambda\left(\frac{dn}{d\lambda}\right).$$

$\frac{1}{\Theta}$ aus dieser Formel berechnet, ergiebt $6{,}64 . 10^5$ für das Einheitsfeld. Ein Vergleich mit der früheren Zahl zeigt, dass man auf beiden Wegen dasselbe Resultat erhält. Die Berechnungen sind somit eine Stütze für die Anschauungen, die man sich über das Zeemann-sche Phänomen und die elektromagnetische Drehung des Lichtes gebildet hat.

E. O.

Neue Grundlagen für die Werthe der Leitvermögen von Elektrolyten.

Von F. Kohlrausch, L. Holborn und H. Diesselhorst. *Wied. Ann.* **64.** *S. 417. 1897.*

Die bisher nach Tausenden zählenden Leitfähigkeitsbestimmungen von Elektrolyten stellen zum weitaus grössten Theile keine absoluten Messungen dar, sondern sind meist bezogen auf gewisse Normalflüssigkeiten, deren Leitvermögen im Jahre 1874 von Kohlrausch und Grotrian auf das des Quecksilbers zurückgeführt worden ist. Die vorliegende Arbeit enthält eine mit den jetzt vorhandenen genaueren Beobachtungsmitteln und festgelegten Einheiten durchgeführte Wiederholung dieser Grundlagen.

Von der bisher üblichen, aber seit dem Uebergang von der *Siemens-Einheit* zum *Ohm* unzweckmässigen Beziehung des Leitvermögens auf Quecksilber ist Abstand genommen, und die Einheit des Leitvermögens dem Körper beigelegt, dessen Centimeterwürfel den Widerstand 1 *Ohm* besitzt.

Quecksilber von 0° hat darnach das Leitvermögen 10630, während die Einheit etwa durch die bestleitenden Säurelösungen bei 40° verwirklicht ist.

Als Grundlage für künftige Anschlüsse werden einige leicht reproduzirbare Lösungen vorgeschlagen, deren Leitvermögen nach den neuen Messungen für das Temperaturintervall 0° bis 36° in einer Tabelle zusammengestellt sind.

Zur absoluten Bestimmung diente das auch von Kohlrausch und Grotrian angewandte Verfahren, in einem kalibrirten Rohre eine Elektrode um eine gemessene Länge zu verschieben, wodurch für den ausgeschalteten, in der Wheatstone'schen Brückenanordnung leicht messbaren Flüssigkeitswiderstand und seine geometrische Form alle unbekannten Verhältnisse an den Elektroden herausfallen. Bei der Widerstandsvergleichung mit Wechselstrom und Telephon sind zur Vermeidung von Störungen durch Selbstinduktion und Kapazität nur bifilar bezw. unifilar abwechselnd gewickelte Rheostatenwiderstände benutzt[1]). Die Polarisation an den Elektroden wurde durch sehr starke Platinirung, die sich nach der von Lummer und Kurlbaum für Bolometer gegebenen Vorschrift leicht beliebig weit treiben lässt, auf einen nicht mehr in Frage kommenden Betrag herabgedrückt.

Zum Schluss sind die nach den neuen Resultaten an den hauptsächlichsten früheren Bestimmungen anzubringenden Korrektionen berechnet. Eine Umrechnung und Zusammenstellung des gesammten vorliegenden Beobachtungsmaterials ist in Aussicht gestellt.

Dst.

Neue Mikrotome.

Zeitschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie **14.** *S. 317 u. 324. 1897.*

Bei dem *a. a. O. S. 317* von Nowak beschriebenen, von C. Reichert in Wien konstruirten Mikrotom wird für die Schnittbewegung in gleicher Weise wie bei dem in *dieser Zeitschr.* **17.** *S. 255. 1897* durch Fig. 2 veranschaulichten Mikrotom von Gebr. Fromme in Wien an Stelle von Schlittenführung die Achsenführung verwendet. Auch hier bewegt sich die Schnittfläche des Objektes mit dem freien Ende eines mittels Kurbelexzenters um eine horizontale Drehachse auf- und abschwingenden Rahmens in einer vertikalen Ebene gegen eine zu dieser Ebene parallele nach oben gerichtete Messerschneide. Diese wird nach jedem Schnitt parallel mit sich normal zur Schnittebene um die Schnittdicke verschoben. Das Messer ist zu diesem Zweck an einem Schlitten befestigt, dessen Feinbewegung von einem Exzenter der Kurbelwelle mittels Schaltrad und Schraube abgeleitet wird, deren Mutter das Ende eines unter der Grundplatte des Instrumentes liegenden horizontalen Armes bewegt. Diese Bewegung wird mittelst eines Mitnehmerstiftes verjüngt auf den Messerschlitten übertragen. Es ist somit hier die Objektbewegung des Fromme'schen Mikrotoms in zweckmässiger Weise mit der Messerführung des Giltay'schen Mikrotoms (*diese Zeitschr.* **15.** *S. 18. 1895*) verbunden.

Eigenthümliche Neuerungen bietet das *a. a. O. S. 324* von Beck beschriebene, von Becker ausgeführte Mikrotom. Der Grundgedanke desselben ist, das Messer so zu führen, dass jeder Punkt der Schneide eine Kurve beschreibt und dadurch eine ähnliche Bewegung zu erzielen, wie man sie beim Schneiden aus freier Hand anstrebt. Zu diesem Zweck wird ein mit vier Knochenfüsschen auf eine ebene Glasplatte sich stützender Messerhalter, an dem die Enden des Messers mit zwei Klammern befestigt werden, durch zwei mit ihren freien Enden angelenkte Arme, die um vertikale Spitzenachsen drehbar sind, geführt, wenn eine dieser Achsen mit Hülfe eines daran befestigten Handhebels gedreht wird. Ein Hüpfen des Messerhalters auf der Glasplatte soll durch Federn zwischen Armen und Messerschlitten, sowie durch eine Druckschraube vermieden werden, welche in einem die Endgelenke der

[1]) Es empfiehlt sich, Widerstände von 500 *Ohm* aufwärts unifilar abwechselnd zu wickeln.

Arme verbindenden Stück stellbar ist und mittels einer Zwischenplatte den Messerschlitten hinabdrückt. Die Hebung des Objektschlittens, welcher durch ein Parallelogramm geführt wird, erfolgt durch eine Mikrometerschraube. *P.*

Kreisbogenzeichner.

Von Eckert & Hamann.

Ein neues Instrument zum Zeichnen von Kreisbögen, von Mechaniker Hamann hergestellt (Preis 25 M.), wird Interesse in den Kreisen der Eisenbahn-Ingenieure und der Kartographen finden. Es beruht auf folgender Ueberlegung: Denkt man sich die Wellen zweier genau gleicher, scharfrandiger Rollen so unter einem Stab befestigt, dass sie senkrecht zur Stabachse und genau parallel zu einander liegen (die Ebenen der scharfen Rollenränder also zusammenfallen), so beschreiben die Rollen bei der Bewegung des Apparats (der noch gegen Kippen eine seitliche Unterstützung erhalten muss) auf der Zeichenebene eine gerade Linie. Bilden jedoch die Rollenachsen einen Winkel mit einander, so beschreiben die Rollen einen Kreis, dessen Mittelpunkt im Schnittpunkt der verlängerten Achsen liegt. Die eine der beiden Achsen ist nun fest am Stab, die andere aber drehbar in einem Stift, der senkrecht durch den Stab hindurchgeht. Ist a der Abstand dieses Stiftes von der festen Achse der andern Rolle, α der Winkel der zwei Achsen mit einander und r der Halbmesser des von der festen Rolle beschriebenen Kreises, so ist $tg\,\alpha = a/r$. Die Einstellung von r geschieht an dem Instrument mit Hülfe einer Spiralscheibe, auf der eine r-Theilung angebracht ist (man könnte selbstverständlich auch ebenso leicht eine Vorrichtung zum Einstellen von α anbringen). An meinem Instrument mit $a = 100\,mm$ sind z. B. auf der (einen) Spiralscheibe mit r-Theilung für den Maassstab 1:1000 Striche für die Halbmesser von 1000 bis 2000 *m* von 50 zu 50 *m*, von dort bis 5000 *m* Striche von 500 *m* zu 500 *m*; am Endstrich, für genau parallele Achsrichtungen steht ∞. Die Einstellung des Indexhebels auf einen Strich stellt die bewegliche Welle in den diesem r entsprechenden Winkel α. Da übrigens der Zeichenstift sich nicht am Ort der festen Rolle selbst befindet, sondern um eine kleine Strecke gegen die drehbare Rolle hin verschoben ist, so entsteht ein kleiner Fehler: der Zeichenstift zeichnet einen Parallelkreis zu dem gewünschten Kreis, dessen Abstand mit Abnahme des Halbmessers r wächst. Man könnte diesen kleinen Fehler durch seitliches Versetzen des Fahrstifts beseitigen. — Der Vortheil des Instrumentchens gegen einen Satz von Kreisbogenschablonen, wie man sie beim Trassiren verwendet, ist für kartographische Anwendung besonders der, dass man *ganz beliebige* Halbmesser *einstellen* kann. *Hammer.*

Sexton's Omnimeter.

American Engineer. **71.** *S. 416. 1897.*

Dieser Rechenapparat ist mit ganz unwesentlicher Aenderung nichts anderes als der in Deutschland bekannte „Rechenknecht" von Geh. Reg.-Rath Prof. Herrmann (Aachen) und weder der Erfinder Sexton noch die Verfertiger Alteneder & Söhne in Philadelphia können sich rühmen, etwas Neues geschaffen zu haben. Nebenbei bemerkt geht die Idee, die gerade Trennungslinie von Stab und Zunge beim gewöhnlichen Rechenschieber durch einen *Kreis* zu ersetzen, keineswegs, wie oft erwähnt wird, nur bis Jomard (1816), sondern fast bis zum Anfang des Rechenschiebers zurück.

Wie viele verschiedene Skalen man auf der die Theilung tragenden Scheibe anbringen will, ist Geschmacksache; dem Ref. wären die sehr zahlreichen Skalen des in der Abbildung gegebenen Modells (ausser den logarithmischen Hauptskalen Quadrate und Quadratwurzeln, die Kuben und Kubikwurzeln, die fünften Potenzen und fünften Wurzeln, die sin, tang, sin vers und sec!) sehr unwillkommen (auch auf dem Herrmann'schen Rechenknecht ist viel zu viel), da man fortwährend erst die Skale wieder suchen muss, mit der man gerade arbeitet. Die Wahl des Namens für das Instrument bleibt dunkel; *messen* kann man überhaupt nicht damit, es ist nur ein *Rechen*-Apparat und der Name Omnimeter ist zu allem Unglück bereits für bestimmte geodätische *Mess*-Instrumente vergeben. *Hammer.*

Rechenschieber mit Radial-Läufer.

Von F. W. Lanchester. *Phil. Mag.* **41.** *S. 52. 1896.*

Der Verf. hat an dem gewöhnlichen Rechenschieber mit den logarithmischen Skalen A, B und C, D ($= 2\,A$) eine Vorrichtung angebracht, die die Rechnung mit *beliebigen* Potenzen und Wurzeln erleichtern soll, besonders im Hinblick auf die Thermodynamik; bei der isothermischen Kurve eines vollkommenen Gases handelt es sich um die Gleichung $p\,v = C$, sodass der gewöhnliche Rechenschieber völlig ausreicht, bei der adiabatischen Kurve dagegen um die Gleichung $p v^{\gamma} = C$ und für *diesen* Fall soll also die Vorrichtung des Verfassers dienen. Sie besteht in einem auf der Rückseite des Schiebers quer verschiebbaren Stück, an dem γ (z. B. 1,408 für ein vollkommenes Gas) eingestellt werden kann, und an dessen Ende der Drehungspunkt für die neue Ableselinie sich befindet, die die Skalen A und B des Rechenschiebers dem Verhältniss $1 : \gamma$ (Koëffizienten der Logarithmen von p und v in der zuletzt angeschriebenen Gleichung) entsprechend verändert. Das Instrument wird seinem speziellen Zweck recht wohl dienen können. *Hammer.*

Ueber die Bestimmung der Theilungsfehler eines geradlinigen Maassstabs.

Von H. Jacoby. *Amer. Journ. of Science (4)* **1.** *S. 333. 1896.*

Den zahlreichen Methoden zur Lösung dieser fundamentalen metronomischen Aufgabe fügt der Verf. zwei neue Rechnungsmethoden hinzu, nachdem er einen Mangel des Hansen-schen Verfahrens und seiner Abänderungen durch Gill und durch Lorentzen erörtert hat. Die erste Methode des Verf. ist eine Verbesserung der Gill'schen durch Einführung von Gewichten, die zweite eine *Abänderung* dieser Methode, die die Gewichte der Bestimmung der Fehler der einzelnen Theilstriche gleich macht. *Hammer.*

Neu erschienene Bücher.

H. Landolt, Das optische Drehungsvermögen organischer Substanzen und dessen praktische Anwendungen. Unter Mitwirkung von Dr. O. Schönrock, Dr. P. Lindner, Dr. F. Schütt, Dr. L. Berndt, Dr. T. Posner. 2. gänzlich umgearbeitete Aufl. 8°. XXII, 655 S. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 1898. 18 M.

Die bedeutende Erweiterung, die Landolt's bekanntes Werk jetzt gegenüber der ersten, 1879 erschienenen Auflage erfahren hat, zeigt sich schon äusserlich in dem Anwachsen der Seitenzahl von 237 auf 655, und darin, dass der Verf., um das reichhaltige Material nach allen Richtungen genügend zu verarbeiten, eine Reihe auf dem behandelten Gebiet besonders erfahrener Fachgenossen zur Mitwirkung herangezogen hat. So hat denn die Monographie den Charakter eines Handbuchs der Zirkularpolarisation angenommen, das auf dem dargestellten Gebiet möglichst auf alle Fragen eine ausreichende Antwort geben will und auch zu geben im Stande ist. Zahlreiche Literaturangaben ermöglichen es überdies, die behandelten Erscheinungen und mitgetheilten Messungsergebnisse in den Original-Arbeiten näher zu verfolgen.

Auf eine kurze Darstellung der Grundbegriffe folgt im 1. Theil eine bis ins Einzelne gehende Klassifikation der aktiven Substanzen, deren Zahl in den 18 Jahren seit Erscheinen der ersten Auflage von 300 auf über 700 angestiegen ist. Sodann werden die Theorien über die Natur des Drehungsvermögens und dessen Zusammenhang mit der Konstitution der Kohlenstoffverbindungen erörtert, und auf Grund derselben das Verhältniss der „optischen Modifikationen“ zu einander behandelt, wobei insbesondere auch über die Spaltung der „Racemkörper“ mit Hülfe von Pilzen genauere Angaben gemacht werden.

Der kurze 2. Theil bringt die physikalischen Gesetze der Zirkularpolarisation, während der 3. eingehend die Veränderlichkeit der „spezifischen Drehung“, ihre Abhängigkeit von

der Konzentration und Temperatur der Lösungen, von der Natur des Lösungsmittels und etwaiger Beimengungen, die Erscheinungen der Multirotation u. s. w. behandelt und nach den modernen Anschauungen aus der molekularen Dissoziation und Aggregation zu erklären sucht.

Der 4., von Schönrock bearbeitete Theil bespricht in dankenswerther Ausführlichkeit die Apparate und Methoden zur Bestimmung der spezifischen Drehung; entsprechend der hohen Vollkommenheit, die auf diesem Gebiete jetzt erreicht ist, wird auf die theoretischen Grundlagen grosser Werth gelegt, der Strahlengang in den Apparaten, die „Filtrirung" des benutzten Lichtes, Bestimmung von dessen optischem Schwerpunkt u. s. w. eingehend behandelt und eine Fülle von praktischen Winken gegeben, die zu einem grossen Theil auf den Erfahrungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt beruhen. Der Praktiker wird es gewiss dankbar begrüssen, dass ihm damit zum ersten Mal eine zusammenfassende Darstellung dieser wichtigen Fragen geboten wird, ebenso auch die Angabe von Bezugsquellen der Apparate und Hülfsgeräthe, von denen so manche auch in dieser Zeitschrift beschrieben wurden.

Theil 5 „Praktische Anwendungen des optischen Drehungsvermögens" bringt insbesondere auch in wörtlichem Abdruck die für die Saccharimetrie maassgebenden Vorschriften aus den Ausführungsbestimmungen zum Deutschen Zuckersteuergesetz vom 27. Mai 1896.

Der 175 Seiten umfassende 6. Theil endlich enthält eine systematische Zusammenstellung der Rotations-Konstanten aktiver Körper, die, soweit sie bis Mitte 1896 vorlagen, möglichst vollständig berücksichtigt sind. Ein ausführliches Sachregister und ein alphabetisches Verzeichniss der aktiven Substanzen, die beide der ersten Auflage fehlten, erhöhen wesentlich die praktische Brauchbarkeit des Werkes, das in seiner neuen Gestalt gewiss noch mehr als früher allseitig geschätzt werden wird.

Auf ein kleines, nicht berichtigtes Versehen sei eben noch hingewiesen: S. 3 muss in der Formel zur Berechnung der Dichte das +Zeichen stehen. *Wg.*

Mohn, Grundzüge der Meteorologie. Die Lehre von Wind und Wetter nach den neuesten Forschungen gemeinfasslich dargestellt. Deutsche Original-Ausgabe. 5. Aufl. Mit 24 Karten u. 45 Holzschnitten. gr. 8°. XII, 419 S. Berlin, D. Reimer. geb. in Leinw. 6 M.

Schell, Allgemeine Theorie der Kurven doppelter Krümmung in rein geom. Darstellung. Zur Einführung in das Studium der Kurventheorie. 2. Aufl. gr. 8°. VIII, 163 S. mit Fig. Leipzig, B. G. Teubner. 5 M.

Maiss, Aufgaben üb. Wärme einschliesslich der mechanischen Wärmetheorie u. der kinetischen Theorie der Gase. gr. 8°. V, 118 S. m. 29 Fig. im Text. Wien, A. Pichler's Wwe. & Sohn. 2,40 M.

Notiz.

Auf Wunsch des Hrn. Mechanikers G. Coradi in Zürich habe ich die aus dem Aufsatz von Michelson und Stratton in meinem Referat in *dieser Zeitschr. 18. S. 93. 1898* übernommene Behauptung, es sei bis jetzt eigentlich nur *ein* wirklich praktisch erprobtes Instrument zur harmonischen Kurven-Analyse vorhanden gewesen, zu berichtigen. Die Henrici-Coradi'schen Instrumente sind mir (ebenso wie die Instrumente von Sommerfeld, von Yule u. A.) im Wesentlichen nur aus dem darüber Veröffentlichten bekannt; sie praktisch zu erproben habe ich (trotzdem dass sich ein Exemplar hier befindet) bis jetzt noch keine Gelegenheit gehabt. Nach der Mittheilung des Hrn. Coradi, der bereits 13 Stück abgeliefert hat, ist aber kein Zweifel möglich, dass auch diese Konstruktion genügende Proben ihrer bequemen praktischen Brauchbarkeit und der Genauigkeit ihrer Arbeit (für eine kleinere Zahl von Elementen) bereits abgelegt hat.

Stuttgart, 4. April 1898. *Prof. Dr. E. Hammer.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVIII. Jahrgang. **Mai 1898.** Fünftes Heft.

Ein neuer Mikroskop-Oberbau.

Von

Max Berger in Jena.

Die Mikroskope, welche speziell mikrophotographischen Zwecken dienen, unterscheiden sich augenfällig von andern Instrumenten ihrer Art durch den ungewöhnlich weiten Tubus. Dieser ist bekanntlich eingeführt, um einestheils Reflexerscheinungen innerhalb des Rohres zu vermeiden, anderntheils um Systeme langer Brennweite, die oft im Rohre selbst untergebracht werden müssen, verwenden zu können.

Im Vorjahre sind nun von der Firma Carl Zeiss in Jena Objektive neuer Art, die von Herrn Dr. Rudolph berechneten Planare, auf den Markt gebracht worden, die infolge ihres grossen Oeffnungsverhältnisses zur Verwendung im mikrophotographischen Laboratorium, sowie zur Mikroprojektion ganz besonders geeignet erscheinen. Dieselben bedingen freilich, wenn sie mit Vortheil benutzt werden sollen, eine weit grössere Tubusweite, als die bisher auch an mikrophotographischen Mikroskopen übliche.

Es machte sich deshalb eine entsprechende Umänderung des mikrophotographischen Statives der Firma nothwendig, welche sich indess, wie sich herausstellte, nicht lediglich auf das Auswechseln des engern gegen den erforderlichen, etwa 50 *mm* weiten Tubus beschränken konnte: durch das vermehrte Gewicht des Tubus wurde eine so ungünstige Massenvertheilung in Bezug auf die Feinführung des Mikrometerwerkes herbeigeführt, dass für dieses letztere kaum ein dauernd sicheres Funktioniren hätte gewährleistet werden können.

Es blieb nichts anderes übrig, als eine völlige Umkonstruktion des Mikroskop-Oberbaues. Schon im Allgemeinen empfahl sich diese um so mehr, als jahrelange Erfahrungen im Mikroskopbau auf zweckentsprechendere Anordnung der Führungen, sowie auch auf eine zarter wirkende Feinbewegung und sicherere Lagerung der zu letzteren gehörigen Mechanismen hindrängten. Dahin zielende Vorschläge ergingen auch von anderer Seite und durften, weil nicht unberechtigt, auf die Dauer nicht unberücksichtigt bleiben.

So konnte bei dieser Gelegenheit z. B. die von Herrn Dr. Hildebrandt in Chicago in seinem Aufsatz: „Einige praktische Bemerkungen zum Mikroskopbau“ (*Zeitschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie 12. S. 145. 1895*) in Vorschlag gebrachte Handhabe zum Transportiren des Mikroskopes in, wenn auch anderer, doch wie mir scheint, zweckmässigster Weise ausgestaltet und zur Einführung gebracht werden.

Die Neuanordnung der Führungen wurde veranlasst durch folgende Betrachtung. Ursprünglich wurde das Mikroskop fast ausschliesslich zur Beobachtung kleiner Objekte auf kleinen Objektträgern u. s. w. benutzt. Dementsprechend konnte die Aus-

ladung, d. h. die nutzbare Entfernung von Tubusachse bis Prisma, auch gering sein. So lange dies der Fall war, liess sich die auf dem Kontinent fast allgemein übliche Anordnung, der zufolge die Grobbewegung von der Feinbewegung getragen wurde, aufs Beste durchführen und entbehrten die z. B. von Seiten englischer Mikroskopiker dagegen gemachten Einwände der Berechtigung.

Mit dem Anwachsen der den Untersuchungen zu unterwerfenden Objekte, wie sie moderne Forschungsweisen mit sich brachten (Gehirnschnitte, Serienpräparate u. s. w.), machte sich ein Vergrössern der Objekttische und dementsprechend der Ausladung des Tubusträgers nothwendig. Hierdurch wuchs aber auch das einseitige Uebergewicht und die Schwierigkeit der Herstellung der Feinbewegung.



Fig. 1.

Es musste deshalb darnach getrachtet werden, dieses einseitige Uebergewicht auf ein Mindestmaass zu reduziren; es gelang dies dadurch, dass die Feinbewegung dicht hinter die Grobbewegung geschaltet und beide ganz unabhängig von der Ausladung an einem krahnähnlichen Träger befestigt wurden. Gegen eine beliebige Vergrösserung des Objekttisches liegen nun keinerlei Bedenken mehr vor.

So ist denn unter Zugrundelegung eigener Erfahrungen und unter Berücksichtigung brauchbar erscheinender Vorschläge von anderer Seite das nebenstehend abgebildete Mikroskop entstanden, welches meines Erachtens nicht allein für mikrophotographische Arbeiten, sondern auch für allgemeine mikroskopische Beobachtung wesentliche Vortheile darbietet.

Fig. 1 zeigt eine Gesammtansicht des Instrumentes, Fig. 2 einen Vertikalschnitt, Fig. 3 einen Grundriss des Mikroskop-Oberbaues.

Wie ersichtlich, weicht das Instrument schon in seiner äusseren Gestalt erheblich von den bisher üblichen Formen ab. An der Stelle, an welcher man gewöhnt ist, den Knopf der Mikrometerschraube zu erblicken, zeigt sich ein Bügel *B* (Fig. 1 und 2), welcher, als Handhabe ausgebildet, eine feste Versteifung darstellt zwischen der Feinführungsbahn *V* (Fig. 3) des Mikrometerwerkes und dem eigentlichen, hohlgegossenen Ständer *H*. Von der allgemein gebräuchlichen, prismatischen Führung

ist gänzlich Abstand genommen worden. Sie wird ersetzt durch einen sehr kräftigen, schwalbenschwanzförmigen Schlitten *F*, der an seiner dem Tubus abgewendeten Seite in der untern Partie durch eine Zylinderfläche begrenzt, in seiner obern Partie aber so ausgehöhlt ist, dass für die Wurmfeder *W* der erforderliche Hohlraum entsteht.

Der untere Theil des Führungsschlittens *F* ist ausgebohrt und birgt die sehr lange Mutter für die Mikrometerschraube *M*. Die Druckrichtung der Wurmfeder fällt, wie ersichtlich, in die Verlängerung der Mikrometerschraubenachse.

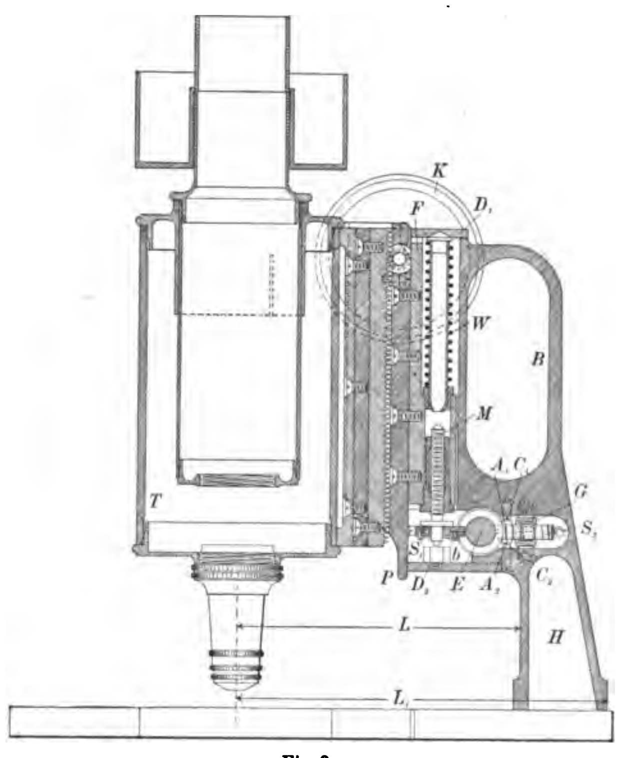


Fig. 2.

Der Kontakt erfolgt zwischen einem glasharten Einsatz der Mikrometerschraube und einem andern, ebenfalls glasharten, ambosförmigen Stahlstücke, welches in den die untere Oeffnung im Ständer *H* staubdicht verschliessenden Deckel D_2 eingeschraubt ist. Am Feinführungsschlitten *F* sitzt, sehr solid verschraubt, die Führungsbahn *P* für die Grobbewegung. Der Aluminiumtubus *T* ist, wie Fig. 3 zeigt, um vorschnellen Verschleiss der Führung zu verhüten, erst unter Vermittelung eines Rothguss-Gleitstückes *Z* mit der Führungs- und Zahnstange in der üblichen Weise verbunden.

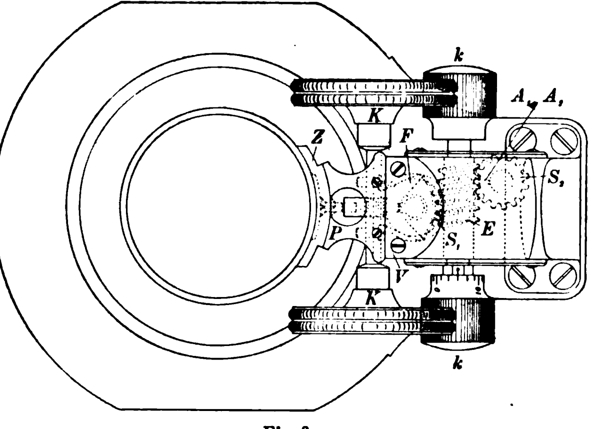


Fig. 3.

Die Grobbewegung zeigt keine wesentliche Abweichung von den bisher angewandten Ausführungsformen.

Ueber die Einzelheiten der Feinbewegung sei Folgendes bemerkt. Der nicht unberechtigte Einwand, dass der empfindlichste Theil am Mikroskop, die Mikrometerschraube, als freistehend zu leicht Beschädigungen ausgesetzt sei, war Veranlassung, dieselbe in der eben beschriebenen Weise in das Innere des hohlen Ständers hineinzubauen. Sie ist dem direkten Angriff durch die Hand völlig entzogen; ihre Drehung erfolgt erst unter Vermittelung einer Schraube ohne Ende *E* (Fig. 2 und 3), welche in das den üblichen Mikrometerknopf ersetzende, am Flansch der Schraube befestigte Schneckenrad S_1 eingreift. Durch diese Anordnung wird zwei Bedingungen genügt: die Feinbewegung wird in wünschenswerther Weise verlangsamt,

ohne der Mikrometerschraube eine zu geringe Steigung zumuthen zu müssen, und die Lagerung der vermittelnden Schraube ohne Ende konnte so solid und sicher in dem zur Handhabe ausgebildeten Ständer, also dem weder an der Grob- noch Feinbewegung direkt betheiligten Theil, erfolgen, dass auch heftige mechanische Einwirkungen völlig ohne Einfluss auf die Feinstellung bleiben müssen.

Die Zwischenschaltung der Schraube ohne Ende gewährt aber auch noch den weitern, nicht zu unterschätzenden Vortheil, dass in ganz ähnlicher, bequemer Weise wie bei der Grobbewegung die Einstellknöpfe *KK*, so auch bei der Feinbewegung zwei solche, *k k*, rechts und links angebracht werden können. Selbstverständlich ist die Drehrichtung der Grob- wie Feinstellknöpfe übereinstimmend in Bezug auf Heben und Senken des Tubus. Zum Zwecke der Dickenmessung ist, wie aus Fig. 3 ersichtlich, der linke Knopf *k* mit Theilung versehen. Ein Intervall derselben entspricht einer Höhendifferenz des Tubusstandes von 0,002 *mm*. Auf einen dieser Knöpfe *k* kann ein in der Abbildung nicht dargestellter Mechanismus aufgeschoben werden, welcher die Feineinstellung aus grösserer Entfernung ermöglicht, wie es bei mikrophotographischen Arbeiten erforderlich ist.

Der Eingriff der speziell für vorliegenden Zweck sorgfältig konstruirten Schraube ohne Ende in das Schneckenrad erfolgt an sich schon fast ohne toten Gang; ganz verhütet wird solcher aber durch die eigenartige Anordnung des Schneckenrades, welches aus zwei gegeneinander drehbaren, verzahnten Scheiben besteht, die durch eine Blattfeder *b* gegen die Gänge der Schraube angedrückt werden.

Um zu verhüten, dass die Mikrometerschraube beschädigt wird, wenn der Schlitten *F* in seiner untersten oder obersten Stellung angelangt ist, die Mutter also am Flansch der Schraube *M*, der Schlitten am oberen Verschlussdeckel D_1 des Ständers sich anlegen will, ist für die Feinbewegung eine besondere Schutzvorrichtung angebracht, welche das Spiel der Schraube ohne Ende begrenzt. Wie aus Fig. 3 ersichtlich, ist das Gewinde derselben seitlich, nach der rechten Seite des Mikroskops zu, verlängert, um einem zweiten Schneckenrad S_2 Eingriff gewähren zu können. Dieses Schneckenrad S_2 ist in seiner Bohrung mit sehr grobem Gewinde versehen und schraubt sich je nach der Drehungsrichtung, die ihm ertheilt wird, auf dem Gewindebolzen *G* auf und ab.

Auf seinen ebenen Begrenzungsflächen springen zwei Ansätze A_1 und A_2 hervor, welche sich in der Mittelstellung, ohne anzustreifen, zwischen zwei Anschlagschrauben C_1 und C_2 hindurch bewegen. Macht die Schraube nun von der Mittelstellung aus nach der einen oder andern Richtung soviel Umdrehungen, als das Schneckenrad Zähne besitzt, so wird dieses eine Umdrehung um seine Achse machen, sich also um den Betrag einer Ganghöhe des Gewindebolzens *G* heben oder senken, der Ansatz A_1 bezw. A_2 aber wird an der Anschlagschraube C_1 bezw. C_2 anstossen. Der hierdurch hervorgerufene Widerstand macht sich an den Knöpfen *k* als harter Anschlag fühlbar, auch ein gewaltsames Weiterdrehen derselben ist nicht im Stande, eine Beschädigung des Mikrometerwerkes hervorzurufen.

Es erübrigt noch, über die Grössenverhältnisse des neuen Mikroskop-Oberbaues die Bemerkung zu machen, dass die Ausladung *L* 75 *mm*, die Gesammtlänge L_1 ungefähr 98 *mm* beträgt. Der Tubus, dessen Einrichtung aus Fig. 3 deutlich ersichtlich, hat, wie bereits erwähnt, etwa 50 *mm*, das Okularauszugsrohr in seiner untern Partie etwa 30 *mm* lichte Weite.

Zum Schluss sei noch hingewiesen auf die am Stativuntertheil angebrachte verbesserte Bremsvorrichtung, welche vermittels des Knopfes *R* (Fig. 1) den Gang der

Kippe innerhalb weiter Grenzen zu reguliren gestattet und in Verbindung mit der Handhabe die Umlegung des Mikroskopes wesentlich erleichtert.

Das neue Mikroskop soll zunächst als mikrophotographisches in den Verkehr gebracht werden und wird voraussichtlich vom Herbst dieses Jahres ab zu regelmässiger Lieferung gelangen. Seine Vorzüge gegenüber den bisher üblichen Formen werden ihm, so hoffe ich, auch eine allgemeine Einführung sichern.

Ueber eine Stöpselanordnung für Brückenzweigwiderstände der Firma Siemens & Halske A.-G.

Von

Oswald Schöne in Charlottenburg.

Bei genaueren Messungen mittels der Wheatstone'schen Brückenschaltung ist es wünschenswerth, bei gleichen Brückenzweigen durch Austauschen die Ungleichheit dieser zu eliminiren. Die übliche Anordnung solcher Apparate, bei denen die einzelnen Widerstände in Hintereinanderschaltung sich befinden und deren einzelne Abtheilungen durch Stöpsel kurz geschlossen werden, gestattet nur bei Zuhülfenahme besonderer Apparate das Auswechseln gleicher Widerstände. Die infolge der Schaltung erforderlichen vielen Stöpsel geben ausserdem leicht, besonders wenn nur Zweige von geringem Betrage in Frage kommen, zu Unsicherheiten durch Stöpselfehler Veranlassung. Auch das unvermeidliche Lockerwerden der benachbarten Stöpsel beim Ziehen des zwischenliegenden macht sich unangenehm bei der Benutzung solcher Widerstandskästen für genauere Messungen bemerkbar.

Die im Folgenden beschriebene Stöpselanordnung vermeidet diese Uebelstände, und das Austauschen gleicher Widerstandsbeträge ist in einfacher und sicherer Weise ausführbar. Der Apparat schliesst sich in Grösse und Form, sowie auch in der Art seiner Stöpselung den bekannten Siemens'schen Dekadenwiderständen an, deren Vortheile bekanntlich darin bestehen, dass für jede Dekade nur ein einziger Stöpsel erforderlich ist. Der Uebergangswiderstand desselben lässt sich bei dem kleinsten Widerstand mit in die Justirung einbeziehen und kommt somit, da er stets derselbe ist, auch bei allen anderen Stöpselungen nicht mehr in Frage. Der Brückenzweigwiderstand ist nun entsprechend seinen beiden Zweigen mittels zweier Stöpsel zu schalten.

Die schematische Anordnung geht aus Fig. 1 hervor, während Fig. 2 die äussere Ansicht des Apparates wiedergiebt.

Sämmtliche Widerstandsspulen sind mit dem einen Ende durch eine Kupferschiene gemeinsam verbunden. Mit der Schiene ist eine Klemmschraube verlöthet, welche durch die Hartgummiplatte geführt ist und zum Anlegen der entsprechenden Verbindung dient. Die Kupferschiene selbst befindet sich innerhalb des Kastens. Das andere Ende jeder Spule führt nach je einem der mittleren Messingklötze; diese Klötze lassen sich nun vermittels eines Stöpsels nach Wahl mit der rechten oder linken Messingschiene verbinden. Hierdurch ist nicht nur die Möglichkeit gegeben, gleiche Brückenzweige durch einfaches Umstöpseln von der rechten zur linken Schiene und umgekehrt zu vertauschen, sondern es lassen sich auch bei ungleichen Brückenzweigen die Widerstände durch die im Kasten vorhandenen gleichwerthigen ersetzen. So können z. B. bei einem Verzweigungsverhältniss von 1:1000 vier ver-

schiedene Messungen vorgenommen werden, bei denen als Verzweigungswiderstände a) der 1. Einer und der 1. Tausender, b) der 1. Einer und der 2. Tausender, c) der 2. Einer und der 1. Tausender, d) der 2. Einer und der 2. Tausender gewählt werden können. Es bietet diese Möglichkeit jedenfalls eine weitgehende Kontrole für die Richtigkeit der einzelnen Widerstände.

Ein weiterer Vortheil dieser Stöpselanordnung wird noch dadurch geboten, dass eine Kombination mehrerer Widerstände ausführbar ist; es lassen sich nämlich auch noch die Verzweigungsverhältnisse 1:5 und 1:20 oder deren zehn- und hundertfaches unter Zuhülfenahme eines dritten Stöpsels durch Parallelschaltung zweier Widerstände vom gleichen Betrage herstellen. Endlich sei noch darauf hingewiesen, dass bei Verwendung beider oder auch nur eines der Einer durch Parallelschaltung des Widerstandes 1000 mittels eines dritten Stöpsels die „Empfindlichkeit" der Messanordnung in einfachster Weise bestimmt werden kann. Für die Widerstände von 10 *Ohm* kann man zum gleichen Zweck einen sogenannten Widerstandsstöpsel mit getheiltem, durch ein isolirendes Zwischenstück versehenen Konus benutzen, in dessen Kopf 9000 *Ohm* untergebracht sind. Durch Stecken dieses Stöpsels bei 1000 wird demnach zu dem eingeschalteten Zweige von 10 der Betrag 10 000 *Ohm* parallel gelegt und somit die Empfindlichkeit für 0,1 % Aenderung des Verzweigungsverhältnisses ermittelt. Für den Werth der Widerstandsstöpsel selbst wird offenbar nur eine sehr geringe Genauigkeit beansprucht, und ebenso kommen etwaige Uebergangswiderstände am Stöpsel nicht in Frage.

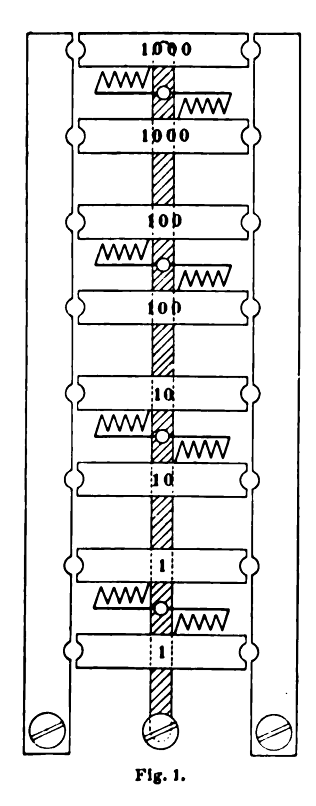


Fig. 1.


Fig. 2.

Die beschriebene Anordnung hat sich in den Justirräumen der Firma mit gutem Erfolge bewährt an Stelle der mit Quecksilbernäpfen ausgerüsteten bisherigen Brückenzweige in Verbindung mit den Siemens'schen Dekadenwiderständen.

Es befinden sich zur Zeit auch vollständige Messbrücken in Konstruktion, bei denen die beschriebene Anordnung ebenfalls Anwendung findet. Für den Satz von Vergleichswiderständen wurde eine ähnliche Schaltung gewählt wie die der Dekadenkästen, welche aber zum Unterschiede von den letzteren nur 6 statt 10 Widerstände in jeder Dekade erfordert und dabei eine bequemere Anordnung der Stöpselklötze zulässt. Eine derartige Schaltung ist meines Wissens zuerst von Hrn. Prof. Feussner für Regulirwiderstände in der Phys.-Techn. Reichsanstalt benutzt worden. Von den 6 Widerständen ist einer gleich der Einheit der betreffenden Dekade, wäh-

rend die fünf übrigen vom doppelten Betrage sind. Zum Stöpseln dient ebenso wie bei den Dekaden nur ein Stöpsel für jede Abtheilung. Die Anordnung ist ohne Weiteres aus dem Schema (Fig. 3) zu ersehen. Hinzugefügt sei noch, dass die in der Mitte der Verbindungsschienen befindlichen Stöpsel zum Ausschluss von etwa nicht erforderlichen Abtheilungen des Vergleichswiderstandes dienen. So lässt sich z. B. die die

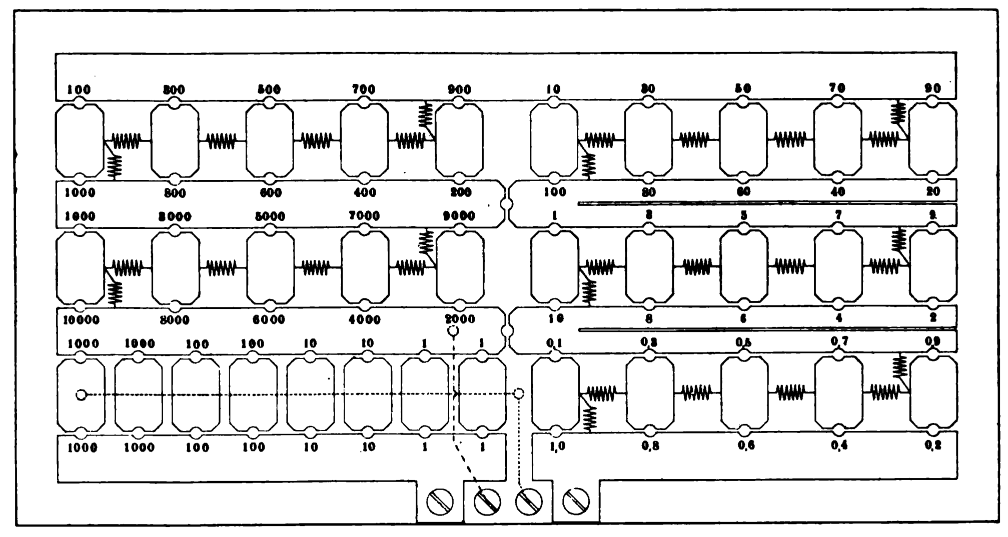


Fig. 3.

Zehntel enthaltende Abtheilung durch einen Stöpsel direkt mit der Schiene der Verzweigungswiderstände verbinden.

Die zwischen den Abtheilungen der Zehntel und Einer und zwischen diesen und den Zehnern liegenden Messingschienen sind ihrer Länge nach, wie in dem Schema angedeutet ist, geschlitzt und hängen nur an dem in der Mitte des Apparates liegenden Ende zusammen. Es war dies erforderlich, um Fehler infolge des Widerstandes der Messingschienen zu vermeiden bezw. bei der Justirung berücksichtigen zu können.

Bemerkung zu dem Aufsatze des Hrn. Prof. Dr. Rubens „Ueber eine neue Thermosäule“.

Von

Prof. Dr. **Paul Czermak.**

In *dieser Zeitschr.* ***18.*** *S. 65. 1898* beschreibt Hr. Rubens eine neue Thermosäule, welche gegenüber den sonst zu gleichen Zwecken verwendeten Apparaten von Langley, Boys, Crookes und Melloni besondere Vorzüge aufweist. Dieselbe ist aus 0,1 *mm* dicken Drähten von Eisen und Konstantan gebildet, welche Kombination eine thermoelektromotorische Kraft von 53 *Mikrovolt* pro 1° C. besitzt.

Solche Thermoelemente hat bekanntlich Klemenčič[1]) bei seiner Methode zur Untersuchung von elektrischen Schwingungen mit schönem Erfolge zuerst angewandt und auf die Vorzüge derselben gegenüber der unbequemen Kompensation bei der

---

[1]) J. Klemenčič, Ueber die Untersuchung elektrischer Schwingungen mit Thermoelementen. *Sitz.-Ber. d. K. Akad. d. Wiss., Wien.* ***99.*** *S. 725. 1890.*

bolometrischen Methode aufmerksam gemacht. Schon früher[1]) hatte er die thermoelektromotorische Kraft verschiedener Cu-Ni-Legirungen untersucht und wurde von ihm, in Würdigung der Wichtigkeit dieser elektromotorischen Kräfte, eine weitere spezielle Untersuchung von einem seiner Schüler[2]) veranlasst. Zuerst[3]) benutzte Klemenčič die Kombination Eisen-Patentnickel mit einer thermoelektromotorischen Kraft von 43 *Mikrovolt* pro 1° C. und später[4]) die noch günstigere Kombination Eisen-Konstantan. Die vorzügliche Verwendbarkeit solcher feindrahtiger Thermoelemente zu Strahlungs- und Temperaturmessungen erprobte ich auch bei mehreren[5]) Untersuchungen. Ich verwandte schliesslich Drähte bis zu 0,02 *mm* Dicke und einigen Zentimeter Länge, weil der Einfluss der Wärmeleitung bei etwas dickeren Drähten nicht unwesentlich ist, wie ich anderen Ortes gezeigt habe.

Auch eine lineare Thermosäule, welche den Hrn. Prof. Pfaundler und Wassmuth in Graz und Klemenčič in Innsbruck sehr gut bekannt ist, habe ich aus solchen Drähten vor zwei Jahren verfertigt und enthält dieselbe 15 Löthstellen. Von der genauen Prüfung und Mittheilung derselben wurde ich durch die inzwischen fallende Entdeckung Röntgen's abgehalten.

Bis auf diesen letzten Punkt sind die übrigen hier angeführten elf Arbeiten lange bekannt und es nahm mich daher Wunder, dass Rubens bei seiner „neuen“ Thermosäule keiner derselben Erwähnung gethan hat. Sonst ist es nur mit Freude zu begrüssen, dass jene, welche früher mit einer gewissen Beharrlichkeit an der Unübertrefflichkeit des Bolometers festhielten, jetzt auch die grossen Vorzüge der von Klemenčič seit acht Jahren eingeführten feindrahtigen Thermoelemente zu erkennen anfangen.

Eben jetzt bin ich damit beschäftigt, die Psychrometerdifferenz mit solchen Thermoelementen zu bestimmen. Auch dazu eignen sich dieselben ganz besonders gut, da die eine Löthstelle in der kürzesten Zeit die Temperatur einer feinen, der raschen Verdampfung ausgesetzten feuchten Musselinhaut annimmt und auch die Verdampfungskälte kleiner Wassertröpfchen oder Eisstückchen anzeigt, während die andere Löthstelle die Lufttemperatur besitzt. Ich verwende auch nicht mehr die feinsten Drähte, sondern des kleineren Widerstandes wegen 0,5 *mm* breite Streifchen aus gewalzten Blechen von 0,02 *mm* Dicke. Diese sind auch bei der Behandlung, dem Verlöthen, Berussen und Spannen viel bequemer; darüber hoffe ich in Bälde Mittheilung machen zu können.

Innsbruck, im April 1898.

---

[1]) J. Klemenčič, Untersuchung über die Eignung des Platin-Iridiumdrahtes und einiger anderer Legirungen zur Anfertigung von Normal-Widerstandseinheiten. *Sitz.-Ber. d. K. Akad. d. Wiss., Wien.* ***97.*** *S. 838. 1888.*

[2]) Ueber das thermoelektrische Verhalten einiger Nickel-Kupferlegirungen. *Graz. Gymn. Seekauer-Diöcesan-Seminar. 1893.*

[3]) J. Klemenčič, Ueber die Reflexion von Strahlen elektrischer Kraft an Schwefel- und Metallplatten. *Sitz.-Ber. d. K. Akad. d. Wiss., Wien.* ***100.*** *S. 109. 1891;* derselbe, Ueber eine Methode zur Bestimmung der elektromagnetischen Strahlung. *A. a. O.* ***101.*** *S. 310. 1892.*

[4]) J. Klemenčič, Beiträge zur Kenntniss der Absorption und Verzweigung elektrischer Schwingungen in Drähten. *A. a. O.* ***102.*** *S. 298. 1893;* derselbe, Ueber die Magnetisirung von Eisen- und Nickeldraht durch schnelle elektrische Schwingungen. *A. a. O.* ***103.*** *S. 205. 1894;* J. Klemenčič und P. Czermak, Versuche über die Interferenz elektrischer Wellen in der Luft. *A. a. O.* ***101.*** *S. 935. 1892.*

[5]) P. Czermak, Ueber oszillatorische Entladungen. *A. a. O.* ***101.*** *S. 879. 1892;* derselbe, Ueber die Temperaturvertheilung längs eines dünnen Drahtes, der von einem konstanten Strome durchflossen wird. *A. a. O.* ***103.*** *S. 1107. 1894;* derselbe, Die Verwendung sehr feindrahtiger Thermoelemente in der Meteorologie. *Wied. Ann.* ***56.*** *S. 353. 1895.*

Erwiderung auf die vorstehende Bemerkung.

Von
Prof. Dr. **H. Rubens.**

In der vorausgehenden Notiz führt Hr. P. Czermak eine Reihe von Arbeiten an, in welchen schon lange vor dem Erscheinen meiner Abhandlung die Metalle Eisen und Konstantan zu Thermoelementen verwendet worden sind[1]). Da es sich indessen bei der von mir beschriebenen neuen Thermosäule lediglich um eine Konstruktion handelt, welche mir bei mehreren Untersuchungen[2]) wesentliche Dienste geleistet hat, nicht aber um etwas prinzipiell Neues, habe ich mich zu der Aufzählung der meisten von Hrn. Czermak genannten Abhandlungen nicht veranlasst gesehen, um so mehr als die dort benutzten Thermoelemente nicht zur Messung der Wärmestrahlung, sondern zum Nachweis von Stromwärme dienen.

Eine Ausnahme in dieser Beziehung macht indessen die Arbeit des Hrn. Czermak, „Ueber die Verwendung sehr feindrahtiger Thermoelemente in der Meteorologie", welche mir thatsächlich entgangen ist und in welcher Hr. Czermak die Wärmestrahlung der Sonne bereits vor Hrn. Crova[3]) mit Hülfe feindrahtiger Thermoelemente aus Eisen und Konstantan beobachtete. Zu dem von mir angestrebten Zweck (Messung sehr schwacher Strahlung) wäre allerdings das von Hrn. Czermak beschriebene Thermoelement wenig geeignet.

Aus der Notiz des Hrn. Czermak geht hervor, dass derselbe bereits vor 2 Jahren eine 15 Löthstellen enthaltende lineare Thermosäule, welche aus dünnen Eisen- und Konstantan-Drähten bestand, konstruirt, aber bisher nicht veröffentlicht hat. Das letztere bedauere ich aufrichtig, da mir im anderen Falle möglicher Weise viel Zeit und Mühe erspart worden wäre.

Zum Schluss möchte ich mir noch eine Bemerkung über die bolometrische Methode gestatten. Ich bin weit davon entfernt, der Anwendung von Thermoelementen gegenüber der Benutzung von Bolometern unter allen Umständen den Vorzug zu geben. So ist z. B. die geringe Breite des Linearbolometers (oft weniger als $^1/_{20}$ *mm*) ohne erhebliche Verringerung der Empfindlichkeit von der Thermosäule nicht zu erreichen. Ferner ist dasselbe zu absoluten Strahlungs-Messungen geeigneter.

---

[1]) Die thermoelektrischen Eigenschaften des Konstantans sind übrigens, ausser von Hrn. Klemenčič und seinen Schülern, unmittelbar nach Herstellung dieses Materials in der Physikal.-Techn. Reichsanstalt von Hrn. Reichardt i. J. 1892 (vgl. *Wissensch. Abhandl. d. P. T. R.* **2.** *S. 515*) und 1893 nach Proben der Reichsanstalt von Hrn. Englisch (*Wied. Ann.* **50.** *S. 109. 1893*) untersucht worden.

[2]) *Wied. Ann.* **64.** *S. 584* und *S. 602. 1898* und *Verh. d. Phys. Ges. zu Berlin.* **17.** *S. 42. 1898.*

[3]) Die Thatsache, dass ich in meiner Abhandlung die aus Eisen-Konstantan-Elementen bestehende Thermosäule des Hrn. Crova zitirt habe, beweist zur Genüge, dass es nicht meine Absicht war, die Kombination der Metalle Eisen und Konstantan zu thermoelektrischen Zwecken für mich in Anspruch zu nehmen.

Die Thätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in der Zeit vom 1. Februar 1897 bis 31. Januar 1898[1]).

A. Erste (Physikalische) Abtheilung.

I. Thermische Arbeiten[2]). *Dichte und Ausdehnung des Quecksilbers*[3]).

Aus der direkten Wägung einer Quecksilbermasse von etwa 9 *kg* in Wasser bei den Temperaturen 0°, 10°, 20°, 30°, 40° konnte die absolute Dichte des Quecksilbers und auch unter Zuhülfenahme der Ausdehnung des Wassers seine Ausdehnung zwischen 0° und 40° abgeleitet werden. Der für die Dichte bei 0° gefundene Werth 13,59545 stimmt mit dem Mittel aus den besten von Marek nach der pyknometrischen Methode erhaltenen, sehr sorgfältigen Bestimmungen[4]) vollkommen überein, sobald man die von Marek etwas verschieden angenommene Dichte des Wassers bei 0° den neueren Bestimmungen entsprechend ändert.

Für die Ausdehnung des Quecksilbers ist aus den Versuchen keine erhebliche Verbesserung des auf indirektem Wege (*Wissensch. Abhandl. d. P. T. R.* **2.** *S. 182 u. 184*) erschlossenen Werthes zu folgern, eine den heutigen Anforderungen an Genauigkeit entsprechende Bestimmung der Ausdehnung des Quecksilbers ist vielmehr nur von der direkten absoluten Methode zu erwarten.

Ausdehnung des Wassers.

Die Untersuchungen über die absolute Bestimmung der Ausdehnung des Wassers selbst, deren Resultate bereits veröffentlicht worden sind (vgl. den vorigen Bericht), sind jetzt zur ausführlicheren Veröffentlichung in den „*Wissenschaftlichen Abhandlungen*“ vorbereitet. Auf Grund der im vorjährigen Thätigkeitsbericht mitgetheilten Formel sind inzwischen Tafeln mit sieben Dezimalen veröffentlicht worden (Anhang Nr. 25).

Dichte und Ausdehnung des Berliner Porzellans.

In Verbindung mit der vorstehend erwähnten Untersuchung wurde beiläufig auch die Dichte und Ausdehnung des Berliner Porzellans bestimmt. Die erstere wurde in genügender Uebereinstimmung mit dem in Landolt's Tabellen angeführten Werthe 2,29 gleich 2,295 gefunden.

Waage und Gewichte.

Die besprochene Untersuchung hatte gleichzeitig eine eingehendere Prüfung der grossen 10 *kg*-Waage von Stückrath zum Zweck. Die Klemmarretirung derselben hat sich dauernd sehr gut bewährt. Einige wünschenswerthe Ergänzungen an der Waage sind in Auftrag gegeben und zum Theil ausgeführt worden. Die Zwischenwand, welche den Raum, der das Wassergefäss enthält, jetzt vollständig von dem Raume für die Gewichte trennt, wird bei einer von der des Zimmers abweichenden Temperatur die Genauigkeit der Wasserwägungen vergrössern. Störend machte sich eine Veränderlichkeit der grössern zur Waage gehörigen Gewichtsstücke bei den Wägungen bemerklich; aus dem aussergewöhnlich grossen Volumen der Stücke ist zu schliessen, dass dieselben stark porös sind.

Dichte des Wasserdampfes[5]).

Die Bestimmung der Dichte des Wasserdampfes bei hohem Drucke ist vorbereitet. Die Ausführung hat noch nicht in Angriff genommen werden können, doch steht die Beseitigung der durch die zahlreichen Dichtungen — beim Manometer allein über 100 — entstandenen Schwierigkeiten in naher Aussicht. Unmittelbar vor Abschluss des Berichtes gelang es, das eigentliche Versuchsgefäss vollkommen dicht zu erhalten, und Drucken bis zu 10 Atmosphären gegenüber hält auch das Manometer dicht. Immerhin sind bei letzterem noch einige Fehler

---

[1]) Auszug aus dem dem Kuratorium der Reichsanstalt im März 1898 erstatteten Thätigkeitsbericht. Die Zahl der an der Anstalt ständig beschäftigten Personen beträgt 78. Als wissenschaftliche Gäste und freiwillige Mitarbeiter gehörten ausserdem der Abtheilung I die Hrn. Prof. Dr. Pringsheim und Dr. Day, der Abtheilung II die Hrn. Prof. Dr. Rubens und Mildbraed an.

[2]) Im Folgenden sind die Namen derjenigen Beamten, welchen die betreffenden Arbeiten übertragen waren, in Anmerkungen zu den einzelnen Nummern des Textes aufgeführt.

[3]) Thiesen, Scheel.

[4]) Marek, *Trav. et Mém. du Bureau int. des Poids et Mesures* **2.** *S. 54. Paris 1883.*

[5]) Thiesen, Scheel, Dittenberger.

zu beseitigen, welche zum Theil, wie in ähnlichen Fällen öfters, von der Porosität des Gusses herrühren.

Auch die im vorjährigen Berichte erwähnten Gewichtsänderungen des für die Bestimmung des Wasserdampfes nach der Bauer'schen Methode angefertigten Hohlkörpers haben ihre Erklärung in der sehr starken Porosität des Gusses gefunden; durch Verfertigung des Körpers aus gewalztem Blech dürften sich die Hindernisse, welche jetzt der Ausführung der Bauer'schen Methode entgegenstehen, beseitigen lassen.

Thermometer.

Die inzwischen vollständig gelieferten Thermometer aus dem Jenaer Glase 59^{III}, deren im vorigen Berichte Erwähnung geschah, sind jetzt sämmtlich mit Theilung versehen. Ihre Untersuchung wurde so weit gefördert, als es die Umstände gestatteten und die nächstliegenden Bedürfnisse erforderten.

Vergleichung zwischen den Thermometern beider Abtheilungen[1].

Die Vergleichung zwischen den Thermometern der Abtheilung I (Stabthermometer) und der Abtheilung II (Einschlussthermometer) ist inzwischen zum Abschluss gelangt. Es wurde bei diesen Untersuchungen bestätigt gefunden, worauf Prof. Thiesen bereits früher in den *„Metronomischen Beiträgen“* hingewiesen hatte, dass die Thermometer mit eingesetzten Milchglasskalen unter Umständen einen merklich anderen Gang zeigen müssen als Thermometer aus demselben Glase, aber mit aufgetheilter Skale, wenn nämlich die Milchglasskale der Einschlussthermometer eine von der Kapillare verschiedene Ausdehnung hat. Denn während zwischen Thermometern aus dem Glase 16^{III} gesetzmässige Abweichungen nicht erkennbar waren, weil offenbar die Ausdehnung des Milchglases der des Glases 16^{III} nahe steht, treten solche gesetzmässigen Abweichungen im Betrage bis zu $0^{\circ},01$ und in dem von der Theorie geforderten Sinne bei den Thermometern aus dem Glase 59^{III} auf, einem Glase, dessen Ausdehnung eine ungewöhnlich kleine ist. Man wird auf diesen Umstand beim Gebrauche von Einschlussthermometern zu achten haben (Anh. Nr. 1).

Hohe Temperaturen[2].

In Gemeinschaft mit Abtheilung II ist eine neue Vergleichung des Thermoelements und der hochgradigen Quecksilberthermometer mit dem Gasthermometer begonnen. Die Versuche wurden mit Hülfe eines Salpeterbades zunächst bis 550° ausgedehnt; das Gefäss des Gasthermometers bestand aus Jenaer Glas 59^{III}, das mit Wasserstoff gefüllt wurde. Die Arbeit kann erst im nächsten Jahre zu Ende gebracht werden.

Versuche über die thermoelektrische Homogenität von Platin- und Platinrhodium-Drähten[2].

Die alten und neuen Drahtsorten aus Platin und Platinrhodium, welche für die pyrometrischen Messungen mit dem Le Chatelier'schen Thermoelement dienen, wurden von neuem auf etwaige durch Ungleichmässigkeit bewirkte Fehler untersucht. Der zu untersuchende Draht wurde zu diesem Zweck mit einem Galvanometer verbunden und stellenweise auf einem kurzen Stück mit einem Bunsenbrenner erhitzt oder einmal oder zweimal durch die Porzellanröhren gezogen, die jede in einem Ofen bis auf etwa 0,5 *m* Länge geheizt wurden. Die dabei auftretenden Galvanometerausschläge betrugen in keinem Fall mehr, als einer Temperaturdifferenz von 5° für die Löthstelle des Le Chatelier'schen Elements entspricht. Es ist dies die Genauigkeitsgrenze, die ursprünglich für die Temperaturmessung mit verschiedenen Elementen und veränderlichem Temperaturabfall von der Reichsanstalt angegeben wurde.

Messungsmethoden für Wärmeleitung[3].

Nothwendig ist bei jeder Bestimmung des Wärmeleitvermögens die Messung eines Temperaturgefälles und einer Wärmemenge. Schwierigkeiten finden sich zumeist in dem zweiten Theile. Der Versuch, durchgegangene Wärmemengen direkt zu bestimmen, liegt dem bekannten Péclet'schen Verfahren mit konzentrischen Isothermenflächen zu Grunde, welches zweifellos als das prinzipiell einfachste bezeichnet werden darf. Trotz vielseitiger Bemühungen ist dasselbe bekanntlich wegen der Uebergangswiderstände an den Oberflächen nur bei den allerschlechtesten Wärmeleitern brauchbar gewesen. Durch Messung des Temperaturabfalls im Innern würde das Gebiet der Anwendbarkeit sich sicher erweitern lassen; auch könnte man dem Verfahren manche Schwierigkeiten nehmen, wenn man die Wärme-

---

[1]) Gumlich, Scheel.

[2]) Holborn.

[3]) Kohlrausch.

menge elektrisch erzeugen und messen würde. Metallische Leiter aber werden hier ausgeschlossen bleiben, wenn man nicht zu räumlichen Dimensionen übergehen will, welche der Methode den praktischen Nutzen entziehen würden.

Bei neuen Versuchen von Gray mit einem vertikalen Stabe, dessen Temperatur nach oben wächst, wird die Voraussetzung gemacht, dass die äussere Wärmeabgabe sich durch eine Hülle vermeiden lasse; aber diese Voraussetzung ist unbewiesen geblieben.

Die Methoden von Neumann und Angström sowie von Kirchhoff und Hansemann und ähnliche, die aus der Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Dämpfung von Wärmewellen das Leitvermögen bestimmen und nöthigenfalls zugleich die äussere Wärmeabgabe eliminiren, sind durch die Umständlichkeit der Beobachtung und der Berechnung wenig geeignet für die ausgiebige Untersuchung von Material für die Technik. Der neuerdings im Berliner Physikalischen Institut gemachte Versuch, einfach vorzugehen, würde ein sehr beachtenswerthes Verfahren enthalten; derselbe ist aber noch nicht abgeschlossen.

Die nach Despretz benannte Zurückführung des gesuchten inneren Leitvermögens auf das äussere dadurch, dass man einen stationären Temperaturzustand herstellt, leidet, von ihrer primitivsten Form der Wachsschmelzung an bis zu der Anordnung von Wiedemann und Franz und zu der Ausdehnung der Methode auf absolute Bestimmungen durch Forbes, unter dem Umstande, dass das sogenannte äussere Wärmeleitvermögen eine rein empirische, aus mannigfaltigen Einflüssen zusammengesetzte Grösse ist, über deren Gesetze man nicht streng bewiesene Voraussetzungen machen muss.

Ein, wie es scheint, niemals beachtetes Verfahren erlaubt nun, das Wärmeleitvermögen auf dasjenige für Elektrizität zurückzuführen. In einem von einem konstanten elektrischen Strome durchflossenen Leiter mögen zwei Flächen von konstantem Potential auf konstanten Temperaturen erhalten werden. Es sei dadurch ein stationärer Temperaturzustand in dem ganzen Leiter entstanden, bei welchem die in jedem Querschnitt erzeugte Stromwärme durch Leitung nach jenen Flächen konstanter Temperatur abfliesst, und es mögen dann an drei beliebigen Punkten im Innern die Temperaturen u_1, u_2, u_3 und die Potentiale v_1, v_2, v_3 bestehen. Dann gilt zwischen diesen Grössen und den Leitvermögen k für Wärme und h für Elektrizität die Beziehung

$$\frac{h}{k} = 2\,\frac{u_1(v_2 - v_3) + u_2(v_3 - v_1) + u_3(v_1 - v_2)}{(v_1 - v_2)(v_2 - v_3)(v_3 - v_1)},$$

woraus, wenn $v_1 - v_2 = v_2 - v_3 = v$ ist, entsteht

$$\frac{h}{k} = \frac{2u_2 - (u_1 + u_3)}{v^2}.$$

Wärmemengen und elektrische Grössen sollen hier beide z. B. in C.G.S.-Einheiten ausgedrückt sein. Vorausgesetzt ist Konstanz von h/k innerhalb der angewandten Temperaturen.

Nimmt man zur Uebersichtlichkeit $u_1 = u_3$ an und setzt $u_2 - u_1 = u_2 - u_3 = u$, so kommt

$$\frac{h}{k} = 2\frac{u}{v^2}.$$

Um auf gebräuchliche Maasse überzugehen, nennen wir die auf Wasserkalorien bezw. auf Volt zurückgeführten Leitvermögen für Wärme und Elektrizität K und H, dann wird

$$\frac{H}{K} = \frac{h \cdot 10^9}{\left(\frac{k}{42 \cdot 10^6}\right)} = 42 \cdot 10^{15} \cdot 2\frac{u}{v^2} = 8{,}4 \cdot \frac{u}{V^2},$$

wo u noch in Zentesimalgraden, V aber in Volt gemessen ist.

Praktisch ausführbar ist das Verfahren insofern, als z. B. aus den angenommenen Werthen für Silber sich für 0.01 *Volt* Spannungsdifferenz $u = 8^{\circ}$ schätzen lässt, welche Schätzung wegen der Wiedemann-Franz'schen Beziehung auch genähert für andere Metalle gilt. Nimmt man 5 *cm* Abstand zwischen den Querschnitten an, so beträgt die hierfür nöthige Stromstärke bei einem Eisenstabe von 2 *cm*² Querschnitt etwa 300 *Amp.*, ist also mit modernen Mitteln unschwer zu erzielen.

Korrektionen wegen Wärmeabgabe an die Umgebung treffen auch diese Methode, aber sie hat anderen Verfahren gegenüber den Vortheil, mit weit grösseren Querschnitten arbeiten zu können, und es genügen kleine Temperaturunterschiede.

Die Versuche beschränken sich bisher auf Vorstudien, die aber eine Brauchbarkeit des Verfahrens in Aussicht stellen.

Untersuchung von Thermometern, die mit verschiedenen Sorten von Petroläther gefüllt sind[1].

Für die Herstellung von Petroläther-Thermometern ist es von Interesse, zu wissen, wie weit sich verschiedene Sorten von Petroläther in ihrer Ausdehnung unterscheiden. Es sind deshalb Thermometer mit drei verschiedenen Sorten (von zwei Bezugsquellen) hergestellt und geprüft worden. Der Petroläther wurde als Destillat von möglichst niedrigem Siedepunkt bezogen. Die Messungen sind bis — 80° in der Reichsanstalt ausgeführt, bei der Temperatur der flüssigen Luft ist von Hrn. Prof. Dr. Linde in München eine Vergleichung mit dem Thermoelement angestellt.

Der Gang der Ausdehnungskoëffizienten hat sich dabei für die verschiedenen Sorten soweit ähnlich ergeben, dass man sich für die Herstellung der Skale mit der Festlegung von drei Punkten begnügen kann. Bei den tiefsten Temperaturen würden solche Thermometer wegen der Zähigkeit des allmählich erstarrenden Petroläthers nur mit Vorsicht gebraucht werden können.

II. Elektrische und magnetische Arbeiten.

Normalwiderstände[2].

Die Herstellung der durch internationale Vereinbarung angenommenen elektrischen Widerstands-Einheit darf jetzt als vollkommen abgeschlossen betrachtet werden. Zu den in den früheren Berichten erwähnten beiden Normalrohren von 1 *Ohm*, Nr. XI und XIV, sind noch drei neue Rohre von verschiedenem Querschnitt, Nr. 106, 114, 131, zu $^1/_2$, 1 und 2 *Ohm* hinzugekommen, welche von Dr. Wachsmuth nach der bei den älteren Rohren befolgten Methode kalibrirt waren. Die 5 Rohre stimmen innerhalb der möglichen Fehler von einigen Hunderttausendteln überein. Das Mittel sämmtlicher 5 Rohre ist bis auf einige Milliontel gleich dem Mittel aus den beiden alten Rohren, sodass die in den *Wissensch. Abhandl.* **2.** mitgetheilte Einheit durch die neuen Rohre keine Aenderung erfährt. Die Vergleichung der 5 Normalrohre mit den Manganinwiderständen im vergangenen Sommer hat gezeigt, dass die relative Beziehung zwischen den Quecksilbernormalen und den Manganinwiderständen sich auch in den letzten Jahren auf 1 bis 2 Hunderttausendtel konstant erhalten hat. Ueber die Konstanz der verschiedenen Normalwiderstände liegt jetzt eine etwa fünfjährige Erfahrung vor. Seit 1892 werden die Drahtwiderstände der beiden Abtheilungen regelmässig untereinander und von Zeit zu Zeit mit den Quecksilbernormalen und Kopien verglichen. Die hierbei aufgetretenen Aenderungen der Drahtwiderstände, unter Zugrundelegung der Normalwiderstände als Einheit, erreichen in allen Fällen für diesen Zeitraum von 5 Jahren nur einige Hunderttausendtel; auch die Quecksilber-Kopien haben im Allgemeinen dieselben guten Resultate gegeben.

Ueber diese Untersuchungen soll im dritten Band der Wissenschaftlichen Abhandlungen der Reichsanstalt eine ausführliche Mittheilung erscheinen; eine Veröffentlichung der mit den 5 Normalrohren erhaltenen Resultate im Auszuge befindet sich in *Wied. Ann.* **64.** *S. 456. 1898* (Anh. Nr. 6). Ueber die Konstanz der Kopien ist in *dieser Zeitschr.* **18.** *S. 97. 1898* eine zusammenfassende Mittheilung veröffentlicht.

Silber-Voltameter[3].

Die im vorigen Bericht erwähnten Untersuchungen über das Silber-Voltameter wurden fortgesetzt und zu einem vorläufigen Abschluss gebracht. Eine Veröffentlichung über diese Beobachtungen, aus denen sich für das Clark-Element ein Werth von rund 1,433 *int. Volt* ergiebt (vgl. auch den vorigen Thätigkeitsbericht, *diese Zeitschr.* **17.** *S. 143. 1897*), wird in der nächsten Zeit erfolgen.

Normalelemente[4].

Der im vorigen Thätigkeitsbericht mitgetheilte Temperatur-Koëffizient des *Clark-Elements* zwischen 0° und 30°

[1]) Holborn, Day.
[2]) Jaeger, Kahle.
[3]) Kahle.
[4]) Jaeger, Kahle.

$$E_t = E_{15} - 0{,}00119\,(t - 15) - 0{,}000007\,(t - 15)^2$$

hat inzwischen eine erfreuliche Bestätigung erfahren durch eine Veröffentlichung der Hrn. Callendar und Barnes (*Proc. Roy. Soc.* ***62.*** *S. 117. 1897*), welche hierfür die folgende Formel aufstellen:

$$E_t = E_{15} - 0{,}001200\,(t - 15) - 0{,}0000062\,(t - 15)^2.$$

Die gute Uebereinstimmung geht aus der folgenden Tabelle hervor, welche die Grösse $E_t - E_{15}$ in Zehntel Millivolt enthält.

t	Callendar	P.T.R.
0°	+ 166	+ 163
10	+ 58	+ 58
20	− 61	− 61
30	− 194	− 194

Auf die übrigen Ausführungen der oben genannten Herren erfolgte eine Erwiderung in *Wied. Ann.* (Anh. Nr. 14).

Die Untersuchung über die im vorigen Bericht mitgetheilte Umwandlung des Zinksulfats beim Clark-Element durch Erwärmen auf 40° und den Temperaturkoëffizient für die umgewandelte Modifikation bis 0° herunter wurden im *Jubelband* von *Wied. Ann.* veröffentlicht (Anh. Nr. 5).

Der bei den H-förmigen Clark-Elementen durch Abheben der Sulfat-Krystalle von dem Zink-Amalgam auftretende Uebelstand konnte dadurch beseitigt werden, dass die Elemente längere Zeit auf 40° gehalten wurden. Man erreichte auf diese Weise noch den Vortheil, dass die mit der Zeit fest zusammenbackenden Sulfat-Krystalle gelockert wurden und dadurch die Elemente der Temperatur besser folgten.

Ueber die Herstellung der *Cadmium-Elemente* erfolgte eine kurze Notiz in der *Elektrotechn. Zeitschr.* (Anh. Nr. 4), da häufig Anfragen über diese Elemente kommen. Auch wurden einige Elemente an wissenschaftliche Institute abgegeben, da dieselben im Handel bisher nicht zu bekommen waren[1]). Von den transportablen Elementen mit geringem Widerstand (etwa 50 *Ohm*) sind noch eine Anzahl hergestellt worden; der Widerstand derselben scheint etwas veränderlich zu sein.

Die Versuche über die Abhängigkeit der elektromotorischen Kraft von der Zusammensetzung des Cadmium-Amalgams sind jetzt abgeschlossen und befinden sich im Druck.

Gegen Ende des vorigen Jahres wurde nochmals das Verhältniss der elektromotorischen Kräfte des Clark- und des Cadmium-Elements genau bestimmt, nachdem vorher jede Sorte von Elementen unter sich verglichen war. In guter Uebereinstimmung mit früher fand man das Verhältniss

$$\frac{\text{Clark } 0^\circ}{\text{Cadmium } 20^\circ} = 1{,}4228,$$

$$\frac{\text{Clark } 15^\circ}{\text{Cadmium } 20^\circ} = 1{,}4066.$$

(Clark 0° — Clark 15° = 0,0164 *int. Volt.*) Vgl. auch den früheren Thätigkeitsbericht in *dieser Zeitschr.* ***17.*** *S. 143. 1897.*

Eine zusammenfassende Mittheilung über diese und die früheren Messungen soll in Kürze erfolgen.

[1]) Seit kurzer Zeit liefert die *Weston-Electrical-Instrument-Co.* in Berlin Normalcadmium-Elemente. Dieselben enthalten bei 4° gesättigte Lösung und haben aus diesem Grunde eine um etwa ½ Tausendtel *grössere* elektromotorische Kraft als die in der Reichsanstalt hergestellten Elemente.

Vertheilung des induzirten Magnetismus in Zylindern[1].

Es wurde die Vertheilung des induzirten Magnetismus in Zylindern untersucht, indem man einmal die Induktion in einer praktisch unendlich langen und sodann in einer kurzen, auf der Mitte des Zylinders befindlichen Induktionsspule mit dem ballistischen Galvanometer bestimmte. Der Quotient der Ausschläge giebt unter Berücksichtigung der Windungszahlen den Polabstand des Zylinders. Die Untersuchung erstreckte sich auf Eisen- und Stahlzylinder von verschiedenem Dimensionsverhältniss, und es ergab sich, dass im Allgemeinen der Polabstand bei veränderlicher Feldstärke im umgekehrten Sinne wie der Magnetisirungskoëffizient zuerst abnimmt, darauf zunimmt. Hieraus folgt, dass sich das Maximum der Streuung von unvollkommen geschlossenen magnetischen Kreisen, z. B. von Dynamomaschinen, unmittelbar aus der Magnetisirungskurve ableiten lässt.

Die Resultate sind in den *Sitz.-Ber. d. Berl. Akademie* erschienen.

Leitvermögen der Elektrolyte[2].

Diese Arbeit, durch welche erstens die Konstanten, die den früheren Bestimmungen zu Grunde liegen, neu festgestellt werden und zweitens der Uebergang von der Quecksilbereinheit zum Ohm bewirkt werden soll, ist unter dem Titel: „Neue Grundlagen für das Leitvermögen von Elektrolyten“ in *Wied. Ann.* veröffentlicht. Die Wiederholung und Ergänzung einiger Messungen hat an dem im vorigen Bericht mitgetheilten Resultat, dass im Mittel der Faktor 10690 die alten auf Quecksilber bezogenen Leitvermögen auf die Einheit cm^{-1}, Ohm^{-1} und auf die Wasserstoff-Temperaturskale reduzirt, nichts mehr geändert. Um den auch von anderen Seiten gewünschten Uebergang zu dem absoluten Maasssystem zu erleichtern und zu beschleunigen, ist das ganze bisher vorliegende Material in diesem Sinne umgerechnet worden.

Auch die Veröffentlichung dieser Zahlen ist bereits eingeleitet.

III. Optische Arbeiten.

Abhängigkeit der Gesammtstrahlung des schwarzen Körpers von der Temperatur[3].

Die Versuche über die Strahlung eines schwarzen Körpers bei verschiedenen Temperaturen sind abgeschlossen worden. Zur Verwirklichung des schwarzen Körpers wurden drei verschiedene Vorrichtungen benutzt. Bei 100° C. wurde der strahlende Hohlraum aus Blech oder Glas mit siedendem Wasser umgeben. Zwischen 200° und 600° C. strahlte eine mittels Platinchlorids geschwärzte kupferne Hohlkugel, welche sich in einem Salpeterbade befand. Bei den höheren Temperaturen diente als Strahlungsquelle ein in einem Chamotteofen erhitztes eisernes Gefäss.

Um unabhängig von den Schwankungen der Empfindlichkeit des Bolometers und Galvanometers zu sein, wurde eine konstante Strahlungsquelle als Vergleichsmaass eingeführt und zwar in Gestalt eines bei 100° strahlenden Hohlraums. Jede Strahlungsmessung an einem der oben genannten schwarzen Körper wurde zwischen zwei Strahlungsmessungen am Vergleichsgefäss eingeschlossen. Wie die inzwischen publizirten Resultate zeigen, ist die Richtigkeit des Stefan-Boltzmann'schen Strahlungsgesetzes für einen *schwarzen* Körper innerhalb der absoluten Temperaturen 290° und 1560° bis auf wenige Prozente genau als erwiesen zu betrachten (Anh. Nr. 11).

Strahlungsmessungen in absolutem Maass[4].

Die Strahlungskonstante σ ist nach dem Stefan'schen Gesetze aus der Strahlung des schwarzen Körpers zwischen 0° und 100° gleich $1{,}277 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Gramm-Kal.}}{\text{cm}^2\ \text{Sek.}}$ gefunden. Mit dieser Zahl stimmen nahe überein die von Lehnebach, Kundt und Warburg und Grätz gefundenen Werthe, denn die Differenz von etwa 18 % erklärt sich daraus, dass das Glas, welches von ihnen als schwarzer Körper für lange Wellen betrachtet wurde, schon bei senkrechter Inzidenz 10 % reflektirt und daher ein soviel kleineres Emissionsvermögen besitzen muss. Ferner wurde das Glas als Kugel in einer Hohlkugel benutzt; hierbei erhält die strahlende Kugel durch Reflexion an der konzentrischen Hohlkugel 9 % ihrer eigenen Ausstrahlung zurück und zeigt daher in dieser Situation ein um 9 % zu kleines scheinbares Emissionsvermögen. Bei Berücksichtigung der schrägen Ausstrahlungen werden diese Diffe-

[1]) Holborn.
[2]) Kohlrausch, Holborn, Diesselhorst.
[3]) Lummer, Pringsheim.
[4]) Kurlbaum.

renzen noch grösser. Der hier gefundene Werth für σ ist aber auch noch zu klein, da der auf den Bolometern befindliche Platinmohr nicht alle Strahlen absorbirt. Es muss daher sein Absorptions- und Reflexionsvermögen besonders untersucht oder die Fehlerquelle eliminirt werden.

Ein von Christiansen für σ gefundener Werth ist 5 % kleiner als der in der Reichsanstalt gefundene. Die Neukonstruktion eines aus 8 gleichen Zweigen bestehenden, zu absoluten Messungen geeigneten Bolometers ist in Angriff genommen.

Aus der inzwischen veröffentlichten Untersuchung der Absorption der Kohlensäure für lange Wellen folgt, dass der geringe Gehalt von Kohlensäure in der Zimmerluft die Strahlungsmessungen nicht merklich beeinflusst (Anh. Nr. 10).

Die Versuche über die Temperaturdifferenz zwischen der Oberfläche und dem Innern eines strahlenden Körpers haben ergeben, dass diese Differenz bei einem Ueberzug aus Petroleumruss 1 % der gesammten Temperaturdifferenz zwischen strahlendem Körper und Umgebung betragen kann, und dass diese Grösse bei Platinmohr von derselben scheinbaren Schwärze noch kleiner ist.

Herstellung absolut schwarzer Bolometer[1].

Um die bei den beiden vorhergehenden Arbeiten noch vorhandene etwaige Fehlerquelle, die Eigenschaften des Platinrusses betreffend, kennen zu lernen, bedarf es der absolut schwarzen Bolometer. Um ein solches herzustellen, könnte man einen *Hohlraum* aus dünnstem Bolometerblech konstruiren, durch dessen Oeffnung man die zu messende Strahlung eintreten lässt. Der leichteren Verwirklichung und der grösseren Empfindlichkeit wegen ist die folgende Anordnung getroffen worden. Es befindet sich das Bolometer in Gestalt einer Bolometer-*Wand* in der Mittelpunktsebene einer im Innern versilberten und hochpolirten Halbkugel (Lampenglocke), durch deren Oeffnung die Strahlung so eintritt, dass sie die ganze Bolometerwand direkt trifft. Die vom Bolometerbelag etwa reflektirte Strahlungsmenge wird dann von der spiegelnden Hohlkugel zurückgeworfen und so zum grössten Theile dem Bolometer wieder zugeführt.

Strahlungsversuche an Metallen und Metalloxyden[2].

Diese Strahlungsversuche sind durch die technische Frage des Wärmedurchgangs durch Heizflächen veranlasst, bei denen die auftretende Reflexion, Emission und Absorption der verschiedenen Metalle und Metalloxyde eine grosse Rolle spielt.

a) Direkte Messung der Reflexion.

Die Reflexion wurde gemessen, indem die Strahlung eines heissen Körpers an dem Metall reflektirt und auf ein Bolometer geworfen wurde. Hierbei wurden die Temperatur des heissen Körpers, welche die Mischung der gestrahlten Wellenlängen bestimmt, ferner die Temperatur des reflektirenden Metalls und die Reflexionswinkel variirt. Der Einfluss der Temperatur des reflektirenden Körpers ist sehr gering, dagegen ist das Reflexionsvermögen in hohem Grade von der Wellenlänge abhängig, ebenso von dem Reflexionswinkel. Deshalb muss die Reflexion unter allen Winkeln gemessen werden; ein Apparat hierfür, der alle Winkelvariationen in einfacher Weise gestattet, ist im Bau.

Auf einfachere Weise wird man die Reflexion erhalten können, wenn man die Emission misst.

b) Messung des Emissionsvermögens.

Kennt man bei einer gewissen Temperatur die Emission E eines beliebigen, undurchsichtigen Körpers und die Emission e des schwarzen, so ergiebt sich aus dem Kirchhoff'schen Gesetz $E/A = e$ auch die Absorption A des beliebigen Körpers und damit seine Reflexion $R = 1 - A$. Um diese Methode anwenden zu können, sind zwei Schwierigkeiten zu überwinden. Die erste betrifft die Temperaturmessung eines glühenden Metalls. Sie wird einwandsfrei dadurch ermöglicht, dass man das Blech zur Form eines vollständig geschlossenen Hohlraums biegt und die Temperatur im Innern mittels eines isolirt eingeführten Thermoelements misst. Ein aus 20 μ dickem Platinblech hergestellter geschlossener Hohlraum zeigt, elektrisch geglüht, überall eine fast gleichmässige Helligkeit und behält mit konstantem Strome eine Stunde lang seine Temperatur bis auf wenige Grade bei. Um andere Metalle

[1] Lummer, Pringsheim.
[2] Lummer, Kurlbaum.

oder Metalloxyde, insbesondere Eisenoxyde der Strahlungsmessung zu unterwerfen, braucht man mit ihnen nur die äussere Fläche des Platinhohlraums zu überziehen. Bisher sind auf diese Weise die Strahlungskurven nur für verschieden dicke Schichten von Eisenoxyd bestimmt worden. Es sollen aber möglichst viele Substanzen untersucht werden. Auch soll dabei die Frage ihre Beantwortung finden, wie die Strahlung eines Metalls, z. B. von Gold, Silber u. s. w., von der Dicke der strahlenden Schicht abhängt.

c) Verwirklichung des strahlenden schwarzen Körpers durch einen Platinhohlraum.

Die zweite Schwierigkeit betrifft die Herstellung eines innerhalb grosser Temperaturintervalle leicht zu benutzenden schwarzen Körpers. Ein solcher schwarzer Körper ist dadurch verwirklicht worden, dass ein Platinblech zur Form eines Zylindermantels gebogen und elektrisch geglüht wurde. Der Mantel ist am einen Ende durch zwei Klemmbacken flach zusammengedrückt und umgiebt das hier isolirt eingeführte Thermoelement, am andern Ende ist der Mantel bis auf eine Oeffnung, in welche man hineinsieht, zusammengedrückt. Die Anordnung ist so zu treffen, dass der Strom den Mantel in jedem Querschnittselement gleichmässig durchfliesst.

Die Versuche haben ergeben, dass die aus dem Innern kommende Platinstrahlung bei niederen Temperaturen zehnmal, bei höheren Temperaturen sechsmal so gross ist als die äussere Platinstrahlung, und dass dadurch die Strahlung sich derjenigen des schwarzen Körpers nähert und diejenige des Eisenoxyds, welches von anderen Beobachtern als schwarzer Körper benutzt ist, bei niederer Temperatur um 100 %, bei höherer um 30 % übertrifft. Wird nun das Innere des Platinzylinders noch mit einer schwarzen Masse überzogen, so muss man dem schwarzen Körper ausserordentlich nahe kommen; es zeigt sich dies optisch schon dadurch, dass im Innern plötzlich die früher gesehenen Helligkeitsdifferenzen verschwinden.

Platin-Lichteinheit[1]).

Schon die bisherigen Versuche lassen erwarten, dass die aus dem Platinhohlraum kommende Strahlung von der Oberflächenbeschaffenheit im Innern unabhängig ist. Hierdurch ist die Hauptfehlerquelle der früher beschriebenen Platinlichteinheit, die Abhängigkeit der Lichtstrahlung von der Beschaffenheit der Platinoberfläche, beseitigt. Es bleibt nur noch zu prüfen, ob die durch das Thermoelement bewirkte Temperaturmessung die frühere, durch das Verhältniss zweier Strahlungsmengen definirte zu ersetzen im Stande ist. Diesbezügliche photometrische Versuche sind im Gange.

Reflexion des Lichtes an Metallen. Abhängigkeit der Intensitäts- und Phasenänderung von Wellenlänge und Dicke[2]).

Das genauere Studium des neuen Halbschattenprinzips ist mit Hinsicht auf die theoretisch wichtigen Fragen in Angriff genommen worden. Im Zusammenhange damit soll die bei der Reflexion an verschieden dicken Metallschichten auftretende Intensitäts- und Phasenänderung in ihrer Abhängigkeit von der Wellenlänge des Lichtes gemessen und die Reflexion am Quecksilber und an stark brechenden, öligen Flüssigkeiten untersucht werden. Bei der Glasreflexion läuft die Intensitätsänderung der beiden Komponenten einer schief zur Reflexionsebene gerichteten, linear polarisirten Schwingung auf eine Drehung der Polarisationsebene hinaus. Zur Messung dieser Drehung soll eine neue Methode Verwendung finden, welche darin besteht, dass man *zwei* oder besser *drei* linear polarisirte Felder in der beim Lippich'schen Halbschattenprinzip gebräuchlichen Anordnung spiegeln lässt, auf deren Halbschatten man vor und nach der Reflexion einstellt. Inwieweit diese Messmethode auch bei der Metallreflexion wenigstens zur Bestimmung des Achsenverhältnisses der Schwingungsellipse nach der Spiegelung anwendbar ist, müssen erst nähere Versuche lehren.

Messung der niedrigsten Leuchttemperatur (Beginn der Grauguth) beim schwarzen Körper[3]).

Nachdem die Bedingungen aufgestellt worden sind, von denen die Weber'sche Grauguth abhängt (Anh. Nr. 8), sollen die bisherigen Versuche über die Bestimmung der ersten Leuchttemperatur auf einen geeignet konstruirten *schwarzen* Körper ausgedehnt werden, weil dieser von allen Körpern bei einer beliebigen Temperatur und in Bezug auf jede Wellenlänge die maximale Energie ausstrahlt.

---

[1]) Lummer, Kurlbaum.
[2]) Lummer.
[3]) Lummer.

Rotationsdispersion des Quarzes[1].

Die Bestimmung der Rotationsdispersion des Quarzes für das sichtbare Spektrum wurde zu Ende geführt. Zur Verwendung gelangten dabei die Linien $Li_\alpha = 671\ \mu\mu$; $H_\alpha = 656\ \mu\mu$; $Na = 589\ \mu\mu$; $Hg = 579$; 576; 546; 491; 436; 405 $\mu\mu$; $Cd = 509$; 480 $\mu\mu$. Die Drehungen wurden durch vier Quarzplatten von der Dicke 3,5; 5; 10; 25 *mm* gemessen und nach der Boltzmann'schen Formel $\varphi = \frac{A}{\lambda^2} + \frac{B}{\lambda^4} + \ldots\ldots$ mit Hülfe der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen. Es zeigte sich, dass die Anwendung von drei Konstanten zur Darstellung der Messungsergebnisse vollständig ausreicht, denn die übrig bleibenden Fehler zeigen dann keinen Gang mehr und erreichen im Maximum noch nicht 0,01°. Die Formel für die Rotationsdispersion innerhalb des sichtbaren Spektrums lautet demnach (bei Angabe der Wellenlänge in *mm*).

$$\varphi = \frac{7{,}100\,14}{10^6\,\lambda^2} + \frac{0{,}157\,39}{10^{12}\,\lambda^4} - \frac{0{,}001\,304}{10^{18}\,\lambda^6}.$$

Diese Formel gilt mit grosser Annäherung auch für das unsichtbare Spektrum am rothen Ende, nicht aber am violetten. Um eine Formel zu gewinnen, welche das ganze Spektralgebiet von 2 μ bis zu 0,2 μ umfasst, wurden Beobachtungen von Carvallo und von Dongier für Infraroth und von Soret und Sarasin für Ultraviolett mit zu Hülfe genommen. Sämmtliche Werthe liessen sich durch die Formel

$$\varphi = \frac{7{,}081\,14}{10^6\,\lambda^2} + \frac{0{,}173\,321}{10^{12}\,\lambda^4} - \frac{0{,}005\,6761}{10^{18}\,\lambda^6} + \frac{0{,}000\,422\,55}{10^{24}\,\lambda^8} - \frac{0{,}000\,007\,5338}{10^{30}\,\lambda^{10}}$$

befriedigend darstellen; die mit derselben berechneten Drehungen dürften für den hellsten Theil des Spektrums bis auf 0,005°, für die beiden Enden des sichtbaren Spektrums bis auf 0,01° und für das unsichtbare Spektrum bis auf 0,1° pro *mm* richtig sein (Anh. Nr. 3).

Temperaturkoëffizient des Quarzes[2].

Die Bestimmung des Temperaturkoëffizienten des Quarzes für das Intervall 0° : 100° wurde mit Hülfe einer Quarzsäule von 40 *mm* Dicke und der Wellenlängen $\lambda = 656$; 579; 546; 436 $\mu\mu$ durchgeführt (Anh. Nr. 3). Die Säule befand sich in einem etwa 5 *l* haltenden Wasserbad, das durch untergesetzte Brenner erwärmt bezw. durch Umgeben mit gestossenem Eise abgekühlt wurde. Die Beobachtungen erfolgten bei den Temperaturen 1°, 19°, 47°, 73°, 100°. Es zeigte sich, dass der Temperaturkoëffizient zwischen 0° und 100° keine lineare, sondern eine quadratische Funktion der Temperatur ist. Die Abweichung der für die einzelnen Wellenlängen gefundenen Werthe vom Mittelwerth beträgt im Maximum noch nicht 2 % und wird bereits durch die Beobachtungsfehler erklärt; eine Abhängigkeit des Temperaturkoëffizienten von der Wellenlänge konnte somit innerhalb des untersuchten Spektralbereichs nicht nachgewiesen werden. Die Abhängigkeit der Drehung von der Temperatur wird für das Intervall 0° : 100° dargestellt durch die Formel

$$\varphi = \varphi_0\,(1 + 0{,}0_3131\,t + 0{,}0_6195\,t^2).$$

Für die Reduktion der bei Zimmertemperatur vorgenommenen Messungen auf eine mittlere Temperatur von 20° genügt die einfachere Formel

$$\varphi_{20} = \varphi_t\,(1 + 0{,}000\,14\,[20° - t°]).$$

B. Zweite (Technische) Abtheilung.

I. Präzisionsmechanische Arbeiten[3].

Für das präzisionsmechanische Laboratorium gingen in dem Zeitraum vom 1. Februar 1897 bis 31. Januar 1898 etwa 200 Gegenstände zur Prüfung und eine Anzahl von Anfragen und Gesuchen um Auskunft ein.

Die erledigten Arbeiten sind die folgenden:

Präzisionsmessungen.

a) Bestimmung der Länge und Theilungsfehler eines 1 *m* langen Messingstabes für die meteorologische Zentralanstalt in Budapest und von 5 kurzen auf Silber bezw. Platin getheilten Skalen.

---

[1]) Gumlich.

[2]) Gumlich.

[3]) Leman, Blaschke, Goepel.

b) Prüfung einer 1 *m* langen Leitspindel-Kopie und eines Schraubtasters.

c) Längen- und Dicken-Messung

von 6 Quarzplatten zu optischen Zwecken, zum Theil für die Physikalisch-Technische Reichsanstalt Abth. I,

von 36 Kaliberkörpern, Endmaassen, Taster- und Ringlehren.

d) Bestimmung der Abmessungen und des Gewichts zweier Magnetstäbe für die meteorologische Zentralanstalt in Budapest.

Für Ring- und Hohltasterlehren, wie solche unter c) erwähnt sind, reicht im Allgemeinen eine qualitative Prüfung hinsichtlich des Zusammenpassens derselben mit zugehörigen Vollkaliberkörpern aus. Es kommen indessen auch Fälle vor, in denen eine zuverlässige quantitative Ausmessung solcher Hohllehren erwünscht ist. Hier ist immer nur ein indirekter Weg beschreitbar, und es müssen deshalb wesentlich andere Hülfsmittel in Anwendung gebracht werden als bei Vollkörpern. Es wurden Versuche deshalb angestellt, einwandfreie Methoden für die Messungen solcher Lehren zu ermitteln; dieselben haben zu guten Erfolgen geführt.

Die Bestimmung des Durchmessers von Hohlzylindern kann natürlich auf diejenige des Umfanges der inneren Mantelfläche reduzirt und durch Abwälzen einer Rolle von bekanntem Durchmesser auf der zu prüfenden Hohlzylinderfläche erreicht werden. Die unmittelbare Messungsgenauigkeit lässt sich dabei beliebig steigern, indem mehrere ganze Umgänge genommen, und dadurch der Einfluss der Einstellungsfehler bei Beginn und Ende der Beobachtung herabgesetzt wird. Es war aber noch zu untersuchen, ob nicht etwa durch Gleiten der beiden Flächen merkliche systematische Fehler entstehen können. Ein Hülfsmittel hierfür findet sich in dem Umstande, dass sich das gleiche Verfahren auch auf Vollzylinder anwenden lässt, deren Durchmesser direkt bestimmt werden kann. Die angestellten Versuche liessen bei Einhaltung bestimmter Vorsichtsmaassregeln keinen merklichen Einfluss des Gleitens erkennen.

Für Tasterhohllehren (mit parallelen Fühlflächen) wurde mit gutem Erfolg ein anderes indirektes Verfahren angewendet. Dasselbe besteht darin, dass zwischen die Tastflächen ein Endmaasskörper mit erheblich höherem thermischen Ausdehnungskoëffizienten (Messing) stramm eingepasst wird. Die Tasterlehre mit dem eingeklemmten Endmaasskörper wird alsdann in ein Gefäss mit Wasser eingehängt und dessen Temperatur langsam so lange erniedrigt, bis der Maasskörper unter dem Einflusse seines eigenen, ziemlich geringen Gewichtes zwischen den Fühlflächen zu gleiten beginnt.

Gröbere Messungen.

a) Bestimmung der Länge und Theilungsfehler

von 2 Glasmaassstäben, 2 Linealen und 5 Schublehren.

b) Beglaubigung von 59 eingesandten Gewinden, sämmtlich von höchstens 10 *mm* Durchmesser.

c) Untersuchung einer Sekundenuhr für die Versuchsstation für Heizung und Lüftung (Technische Hochschule in Charlottenburg).

d) Dicken-Bestimmung von 2 dünnen Platinblechen durch Wägung.

Untersuchung der Wärme-Ausdehnung von Materialien.

Es wurden

10 Stahlrohre für astronomische Pendel und

1 Stab der Guillaume'schen Nickel-Stahl-Legirung (rd. 36 % Ni)

geprüft. Letzterer Stab war von der *Société anonyme de Commentry-Fourchambault* eingereicht worden. Der Ausdehnungskoëffizient wurde in Uebereinstimmung mit den Angaben von Guillaume als sehr klein (0,000 000 88) ermittelt. Eine Untersuchung über das Vorhandensein und den Einfluss thermischer Nachwirkungen konnte wegen Mangels an Zeit nicht ausgeführt werden.

Prüfung von Gyrometern.

Es wurden 2 Stück geprüft, von denen eines für ein Anemometer bestimmt war.

Prüfung und Beglaubigung von Stimmgabeln.

Eingereicht wurden im Ganzen 63 Stück, von denen 12 als ungeeignet zurückgewiesen werden mussten. Von den übrigen 51 wurden

47 Stück beglaubigt, darunter 2 Stück als Präzisionsgabeln und 3 Stück auf Schallkasten,

4 Stück nur geprüft und mit Prüfungsschein versehen, darunter 3 auf Schallkasten.

Konstruktive Arbeiten.

a) Die Konstruktionszeichnungen für das Obertheil des grossen Transversalkomparators sind fertiggestellt und die Ausführung ist vorbereitet worden. Das bewegliche Untertheil ist fertig und aufgestellt worden; die zugehörigen Thermostaten sowie ein Junkers'scher Schnellflüssigkeitserhitzer sind beschafft.

b) Bei Herstellung von Strichmaassen für den Bedarf der Reichsanstalt ist die Verwendbarkeit von Karborundum-Krystallen zur Anfertigung von Theilungen (Anh. Nr. 27) ermittelt worden.

II. Elektrische und magnetische Arbeiten.

A. Arbeiten des Starkstrom-Laboratoriums[1].

Vervollständigung der Experimentireinrichtungen des elektrischen Laboratoriums.

Es wurden zwei weitere Akkumulatorenbatterien für 200 *Amp.* und 120 *Volt* aufgestellt, und die Hochspannungsbatterie fertig ausgebaut, sodass sie jetzt Spannungen bis 11000 *Volt* liefert.

Zum Antrieb von Maschinen, welche zur Untersuchung eingehen, wurde ein kleiner Elektromotor von 4 Pferdestärken und ein grösserer Elektromotor von 38 bis 50 Pferdestärken aufgestellt.

Der letztere kann mit der bereits früher beschafften Dreh- und Wechselstrommaschine für 30 *Kilowatt* gekuppelt werden, sodass er mit dieser einen Umformer zur Verwandlung des Stromes der Akkumulatorenbatterien in Wechselstrom und Drehstrom bildet.

Für Wechselstromuntersuchungen wurden ein kleiner Transformator mit auswechselbarer sekundärer Wickelung bei Siemens & Halske, ein Selbstinduktions-Variometer und 3 Normalspulen nach M. Wien von Siedentopf in Würzburg beschafft und verschiedene Messapparate in Bestellung gegeben, z. B. eine Thomson'sche Stromwaage, zwei statische Spannungsmesser für 150 bezw. 10000 *Volt*, ein Apparat zur Aufnahme von Wechselstromkurven und der Phasenverschiebung.

Für Gleichstrommessungen wurde ein neues Modell des früher konstruirten Kompensationsapparates für Spannungsmessungen entworfen und in Arbeit gegeben.

Herstellung der Leitungsanlage im Hauptgebäude der Abtheilung II.

Die Herstellung der Leitungsanlage und die Aufstellung der Akkumulatoren für experimentelle Zwecke im Hauptgebäude der Abtheilung II, welche einen grossen Theil der Arbeitszeit des elektrischen Laboratoriums in Anspruch genommen hat, konnte bis zum Jahresschluss zu Ende geführt werden.

Die elektrische Anlage im Hauptgebäude der Abtheilung II besteht demnach jetzt

a) aus einem Stromvertheilungsnetze, welches in allen Räumen zahlreiche Anschlüsse für Beleuchtung, Kraftübertragung und sonstige experimentelle Zwecke besitzt,

b) aus zwei besonderen Strängen konzentrischen Kabels vom Schaltwerke im Maschinenhause nach den für die elektrischen Arbeiten bestimmten Räumen, um denselben Strom von besonderen Batterien oder Maschinen zuführen zu können,

c) aus sechs Experimentirbatterien von je 8 Elementen für norm. 32 *Amp.*, welche auf den Korridoren in Schränken aufgestellt sind, nebst Umschaltern und Anschlussleitungen in den benachbarten Zimmern und einer Ladeleitung, welche mit 20 *Volt* aus einer grossen Akkumulatorenbatterie des Maschinenhauses gespeist wird,

d) aus zwei für das optische Laboratorium bestimmten Experimentirbatterien von je 60 Elementen für norm. 32 *Amp.*, welche in dem Keller aufgestellt und mit Schaltapparaten, Verbrauchsleitungen und Ladeanschlüssen im optischen Laboratorium versehen sind.

Prüfungsarbeiten.

Die im Berichtsjahre geprüften elektrischen Apparate und Materialien sind in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt.

---

[1]) Feussner, Reichardt, Will, Langhorst, Schwarz.

Tabelle.

	Firmen	Gattungen	Stück
I. Messapparate:			
A. Mit Gleichstrom geprüfte Zeigerapparate für Messung			
1. der elektrischen Spannung (*Volt*)	5	8	61
2. „ „ Stromstärke (*Amp.*)	6	10	32
3. „ „ Stromstärke und Spannung (*Volt* u. *Amp.*)	2	3	17
4. der elektrischen Leistung (*Watt*)	4	4	7
5. Elektrizitätsmesser für Arbeit (Leistung × Zeit) (*Watt-Stunden*)	5	6	102
6. Elektrizitätsmesser für Elektrizitätsmenge (Strom × Zeit) (*Amp.-Stunden*)	1	2	4
B. Mit Wechselstrom geprüfte Zeigerapparate für Messung			
1. der Stromstärke	1	1	3
2. der Leistung	1	1	1
C. Normalelemente nach L. Clark	5	2	100
D. Kondensatoren	3	3	3
E. Thermoelemente	1	1	2
II. Gebrauchsapparate.			
A. Elektrische Maschinen	2	2	2
B. Galvanische Elemente			
1. Akkumulatoren	8	13	28
2. Nasse galvanische Elemente	2	4	13
3. Trockenelemente	2	8	22
C. Sonstige Apparate			
1. Elektrische Kochapparate	1	5	5
2. Ausschalter für Strassenbahnen	2	5	5
III. Materialien für hohe Spannungen.			
A. Isolatoren	3	3	—
B. Isolirmaterial	5	9	—
C. Kabel	1	5	—

Ausserdem wurden für den Gebrauch in der Reichsanstalt 16 elektrische Zeigerapparate geprüft.

Die Verwendbarkeit von Thermoelementen sowohl für Temperaturmessung wie für die Messung von Wechselströmen und für andere wissenschaftliche Zwecke gab zu folgenden Versuchen Anlass. Erstlich wurde eine Aichung einiger Thermoelemente aus Konstantan und Kupfer und aus Konstantan und Eisen zwischen den Temperaturen 300° bis 500° C. und + 20° bis — 78° C. vorgenommen. Hierzu lagen Anträge von ausserhalb vor. Zweitens wurde eine Reihe von Legirungen aus Kobalt und Kupfer beschafft und Draht daraus hergestellt, um vielleicht noch geeignetere Materialien für Thermoelemente zu erhalten. Die Drähte sind erst kürzlich fertig geworden, sodass noch keine Untersuchungsergebnisse vorliegen. Drittens wurden vorläufige Apparate zur Messung von Wechselstromspannungen mittels einer dünndrahtigen Thermosäule angefertigt, welche günstige Ergebnisse in Aussicht stellen (Anh. Nr. 32).

B. Arbeiten des Schwachstrom-Laboratoriums[1]).

Die Zahl der erledigten Prüfungsnummern ist in der Berichtszeit von 158 im Vorjahre auf 198 angestiegen.

Leitungs- und Widerstandsmaterial.

Es gingen 46 Materialproben, bis auf 2 aus Kupfer oder Silizium-Bronze bestehend, zur Prüfung ein, die in 57 Stücken auf Leitungsfähigkeit und Temperaturkoëffizient zu untersuchen waren.

Isolationsmaterial.

An Isolationsmaterialien lagen zur Prüfung vor 57 Platten aus Asphalt, Schiefer, Ambroïn und Pressspahn, 19 Isolatoren aus Glas und Porzellan, sowie eine Anzahl Kabelproben und Leitungsschnüre, letztere auf Veranlassung des Zivilgerichtes in Basel.

[1]) Lindeck.

Widerstände.

Die Zahl der gemessenen Einzelwiderstände ist von 100 im Vorjahr auf 151 gestiegen; darunter befanden sich 42 Strommess-Widerstände von 0,01 *Ohm* und niedrigeren Beträgen. Eine Anzahl bereits in früheren Jahren beglaubigter Apparate wurde, nachdem sie durch den Verfertiger auf *internationales Ohm* abgeglichen waren, neuerdings zur Beglaubigung eingesandt. Von Widerstandssätzen (Kästen, Messbrücken, Kompensationsapparaten) gingen 19 Stück mit 543 einzeln zu prüfenden Abtheilungen ein. Bei etwa 150 der vorstehend aufgeführten 170 Apparate war Manganin als Widerstandsmaterial verwendet. Von diesen Prüfungen erfolgten auf Rechnung ausländischer Besteller, soweit dies nachgewiesen ist (nur ein Einsender macht hierüber regelmässige Angaben), 81 Prüfungen (48 Apparate gingen nach Amerika, 12 nach Oesterreich-Ungarn, 6 nach Holland, 5 nach der Schweiz, 4 nach Italien u. s. w.).

Andere laufende Prüfungen.

Von anderen Untersuchungen betrifft z. Z. eine noch nicht beendigte Untersuchung die Feststellung des Nutzeffektes von elektrischen, doppelwandigen Kochgeräthen, deren Heizwiderstand aus einer Spirale aus eingebranntem Glanzsilber (Platin-Silber) besteht, die auf die Aussenseite des inneren Gefässes unmittelbar aufgebracht ist.

Kundt'sche Widerstände.

Es wurde eine grössere Zahl von Widerständen nach dem im letzten Bericht angegebenen Verfahren mit Beträgen bis zu 1 *Megohm* hergestellt. Die Untersuchung konnte indessen noch nicht zum Abschluss gebracht werden, theils wegen der grossen Zahl von laufenden Prüfungen, theils wegen der Störungen, welche die Arbeiten durch den Umzug des Laboratoriums in das Hauptgebäude und die damit verbundenen Einrichtungsarbeiten erfuhren.

C. Arbeiten des magnetischen Laboratoriums[1]).

Prüfung magnetischer Materialien.

Während des Berichtsjahres gingen 47 Proben verschiedener Stahl- und Eisensorten zur Untersuchung ein; davon wurden 31 in Form von zylindrischen Stäben und 16 in Gestalt von Blechbündeln geprüft. Die Mehrzahl der Stäbe gehörte — wie in den Vorjahren — den gegossenen Materialien an. Die Untersuchung geschah nach der Jochmethode.

Ueber die magnetischen Eigenschaften der neueren Eisensorten und den in der Technik häufig benutzten Steinmetz'schen Koëffizienten η der magnetischen Hysteresis vgl. die Veröffentlichung Anh. Nr. 28.

Von der Firma Schuckert & Co. in Nürnberg wurde ein Ring zur Prüfung eingesandt, welcher bereits mit einer primären und sekundären Wickelung versehen war. Derselbe wurde ballistisch untersucht.

Prüfung von Apparaten zur Untersuchung magnetischer Materialien.

Es wurden zwei von der Firma O. Wolff in Berlin eingesandte du Bois'sche magnetische Waagen geaicht. Hierzu wurde ein Stab aus weichem schwedischen Schmiedeeisen benutzt. Für diesen war in einer anderen Waage, welche nach der in *dieser Zeitschr.* **16.** *S. 358. 1896* veröffentlichten Methode geaicht war, die absolute Magnetisirungskurve bestimmt worden.

Für die Aichung einer neuen Form der du Bois'schen Waage wurde der Firma Siemens & Halske in Berlin ein Normalstab aus weichem schwedischen Stahlguss geliefert. Die absolute Hysteresis-Schleife war für diesen Stab durch Scheerung der im kleinen Joch ballistisch gewonnenen Schleife erhalten worden.

Es wurde im vorjährigen Berichte erwähnt, dass die Untersuchung des Koepsel'schen Apparates der Firma Siemens & Halske in Angriff genommen war. Die Ergebnisse sind vor Kurzem veröffentlicht worden[2]).

Es ist in Aussicht genommen, die laufenden Prüfungen magnetischer Materialien mit einem geaichten neuen Modell des Koepsel'schen Apparates auszuführen. Zur Prüfung der bisher erhaltenen Resultate wird es allerdings nothwendig sein, noch eine grössere Anzahl von Messungen gleichzeitig nach der Jochmethode und mit dem Koepsel'schen Apparate vorzunehmen.

Fortsetzung der Vergleichung von Untersuchungsmethoden für magnetische Materialien.

Stäbe aus weichem Eisen und Stahl wurden in den beiden zu laufenden Prüfungen benutzten Jochen untersucht, darauf zu Ellipsoïden abgedreht und als solche magnetometrisch geprüft.

---

[1]) Schmidt, Orlich.

[2]) *Diese Zeitschr.* **18.** *S. 39. 1898.*

Die Resultate dieser Untersuchungen, welche den endgültigen Anschluss des Joches an das Ellipsoïd bezweckten, sind, dass man auch bei dem grösseren der beiden Joche für Stahl stets eine grössere Abweichung gegen das Ellipsoïd erhält als bei weichem Eisen. Die Scheerung für weiches Eisen ist beim grossen Joch praktisch zu vernachlässigen.

Bestimmung der Galvanometerkonstante für ballistische Beobachtungen.

Die im vorigen Berichte erwähnten Normalspulen auf Marmorzylindern haben sich bei den mehrfach angestellten Kontrolmessungen gut bewährt.

Der Doppelmagnet-Induktor, welcher bei den laufenden Prüfungen verwendet wurde, ist während des Jahres des Oefteren mit der einen Normalspule verglichen worden. Er hat während der ganzen Zeit keine Aenderung gezeigt. Die geringen Abweichungen, welche sich ergaben, lagen innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler. Es wird daher bei den laufenden Prüfungen nur noch der Magnetinduktor zur Aichung des ballistischen Galvanometers benutzt. Von der Verwendung des Kondensators ist vollständig Abstand genommen worden, da bei diesem die Fehlerquellen, besonders in Folge von Rückstandsbildung, erheblicher sind.

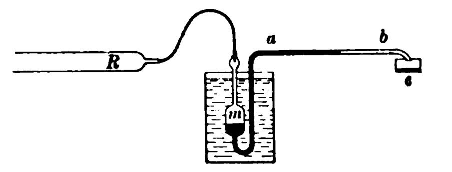
(Fortsetzung folgt.)

Referate.

Bestimmung der Ausdehnung des Wassers zwischen 0° und 40°.

Von P. Chappuis. *Wied. Ann.* ***63.*** *S. 202. 1897.*

Die Bestimmungen der Ausdehnung des Wassers erfolgten nach der dilatometrischen Methode. Als Gefäss diente (s. Fig.) ein 110 *cm* langes zylindrisches Rohr R aus Platiniridium von etwa 38 *mm* Durchmesser, das am einen Ende rund geschlossen, am anderen an ein Kapillarrohr aus Platin gelöthet war. An das Platinrohr schliesst sich ein U-förmiges Glasrohr mit einer kugelförmigen Erweiterung m von etwa 30 *ccm* Inhalt, welches sich in ein Kapillarrohr $a\,b$ fortsetzt. Das Gefäss R ist bis zur Hälfte der Kugel m mit destillirtem Wasser gefüllt und befindet sich in einem Bade



konstanter Temperatur; der übrige Theil des Systems ist mit Quecksilber gefüllt. Die bei variirender Temperatur der abgeschlossenen Wassermenge ausgetriebenen oder eingesaugten Quecksilbermengen werden durch Wägung des Gläschens e gefunden und aus ihnen die Volumveränderungen des Wassers berechnet. Kleinere Aenderungen im Volumen des Wassers wurden durch Beobachtung der Quecksilberkuppe in $a\,b$ ermittelt.

Der lineare Ausdehnungskoëffizient des Platiniridiumrohres R wurde durch direkte Vergleichung mit einem bekannten Platiniridiummeter zu

$$10^{-9}\,(8608{,}0 + 1{,}792\,t)$$

bestimmt, woraus sich der kubische Ausdehnungskoëffizient zu

$$10^{-9}\,(25824 + 5{,}598\,t)$$

berechnet.

Die Ausdehnung des Wassers konnte durch den Ausdruck

$$a + b\,t + c\,t^2 + d\,t^3 + e\,t^4$$

in befriedigender Weise nur zwischen 17° und 40° dargestellt werden. Die Konstanten ergeben sich alsdann, nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet, wie folgt:

$$a = +\,130{,}190\,28 \qquad d = -\,7{,}335\,773\,6 \times 10^{-2}$$
$$b = -\,65{,}768\,924 \qquad e = +\,4{,}379\,490\,9 \times 10^{-4}$$
$$c = +\,8{,}679\,663\,0$$

Die Ausgleichung der Beobachtungen zwischen 0° und 17° erfolgte auf graphischem Wege.

In der folgenden Tabelle sind die Dichten des Wassers von 5° zu 5° wiedergegeben. Den Zahlen sind die Werthe des Verfs. aus dem Jahre 1892 (bei Benutzung eines Glas- statt

des Platiniridiumgefässes) sowie die von Thiesen, Scheel und Diesselhorst nach absoluter Methode (s. *diese Zeitschr.* ***17.*** *S. 140. 1897*) und die von Marek durch Wägung (*Wied. Ann.* ***44.*** *S. 172. 1891*) gefundenen Werthe zur Vergleichung beigefügt. Zwischen diesen nach verschiedenen Methoden gefundenen Resultaten bestehen noch Abweichungen von einigen Einheiten der sechsten Dezimale.

Grad (Wasserstoff-skale)	Chappuis		Thiesen, Scheel, Diesselhorst	Marek
	1897	1892		
0	0,999 8674	8681	8679	8767
4	1,000 0000	0000	0000	0000
10	0,999 7272	7285	7272	7327
15	0,999 1285	1289	1263	1347
20	0,998 2328	2327	2298	2339
25	0,997 0726	0741	0714	0681
30	0,995 6755	6787	6732	6720
35	0,994 0623	0651	0576	—
40	0,992 2471	2443	2417	—

Schl.

Vorrichtung zur Verminderung des schädlichen Raumes bei Luftthermometern.

Von G. Guglielmo. *Rend. Accad. dei Linc. (5)* ***6.*** *S. 292. 1897.*

Die Verringerung des schädlichen Raumes wird dadurch erreicht, dass die Kapillare des Luftthermometers beim Uebergang in das weite Manometerrohr sich zu einem Konus von 90° Oeffnung erweitert und die Einstellung der Kuppe in diesem Schenkel des Manometers möglichst hoch erfolgt. *Schl.*

Bestimmung relativer Wärmeleitfähigkeiten nach der Isothermenmethode.

Von W. Voigt. *Wied. Ann.* ***64.*** *S. 95. 1898.*

Die von de Sénarmont angegebene Methode zur Darstellung der Isothermen auf der Oberfläche ungleich temperirter Körper wurde vom Verf. dadurch vervollkommnet, dass er an Stelle eines Gemisches von Wachs und Terpentin reine Elaïdinsäure mit einem geeigneten Zusatz dieser Stoffe verwendet. Diese Methode wird in der vorliegenden Veröffentlichung zur Bestimmung des Verhältnisses der Wärmeleitfähigkeiten zweier an einander grenzender fester Körper von verschiedenem Leitungs-Koëffizienten benutzt. Zu diesem Zweck wird das betreffende Material (in diesem Fall verschiedene Glassorten) in Form rechtwinkliger, kongruenter, dreieckiger Platten geschnitten und mit den Hypotenusenflächen so zusammengelegt, dass ein Rechteck entsteht. Werden die Platten dann mit Elaïdinsäure überzogen und mit der Kathete eines Dreiecks auf einen erhitzten Kupferklotz gestellt, so markiren sich die Isothermen durch Abschmelzen der Mischung. In der Grenzlinie zwischen beiden Körpern erleiden die Isothermen eine Brechung nach der Formel $\lambda_1 : \lambda_2 = \operatorname{ctg} \varphi_2 : \operatorname{ctg} \varphi_1$, wenn λ_1 und λ_2 die Wärmeleitfähigkeiten der beiden Körper bedeuten und φ_1 und φ_2 die Winkel, welche die Isothermen mit der Grenzlinie einschliessen. Durch Messung der Winkel φ lässt sich also das Verhältniss $\lambda_1 : \lambda_2$ bestimmen. *W. J.*

Eine neue Form des Trevelyan'schen Versuchs.

Von N. Traverso. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* ***11.*** *S. 30. 1898.*

Bei dieser Form bewegt sich nicht das erwärmte Metall, sondern ein passend gestalteter Hebel. Die sehr einfache Einrichtung des Apparates erläutert sein senkrechter Durchschnitt (Fig. 1). Mittels Schrauben sind an dem hölzernen Grundbrett *a* zwei Metallsäulen *b b* befestigt, die oben je eine Messing- oder Kupferplatte *c* (Fig. 2, Oberansicht) tragen. Eine dritte Säule *d*, in der die Spindel *e* auf- und abgleiten kann, ist in der Mitte des Grundbretts angebracht. Die Spindel wird durch Drehen der Scheibe *f* gesenkt oder bei Drehung in umgekehrter

Richtung durch die stählerne Feder im Innern von *d* nach oben gedrückt. Da ein Stück der Spindel und der entsprechende Theil des Innenraumes von *d* quadratische Querschnitte haben,

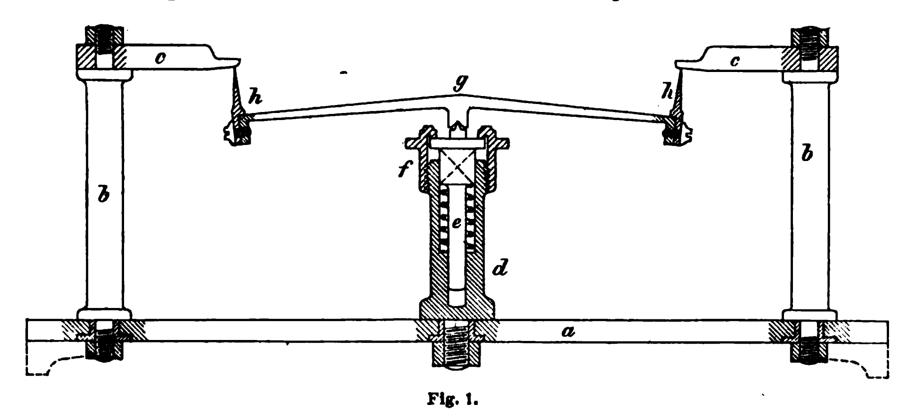


Fig. 1.

so kann sich die Spindel bei dieser lothrechten Verschiebung nicht um ihre Achse drehen. Die scharfe Schneide am oberen Ende der Spindel (Fig. 3, Seitenansicht) trägt den zweiarmigen Hebel *g*, den zwei Vorsprünge an den Schneidenenden verhindern, sich seitlich zu verschieben. Am Ende eines jeden Hebelarmes ist ein keilförmiges Bleiplättchen *h* angeschraubt, das oben 5 *mm* breit ist. Der Hebel befindet sich in labilem Gleichgewicht, da sein Schwerpunkt über der Schneide liegt.

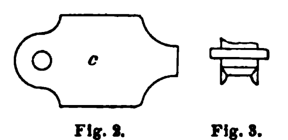


Fig. 2. Fig. 3.

Um den Versuch auszuführen, senkt man die Spindel *e* so weit, dass man den Hebel herausnehmen kann, erwärmt die Metallplatten *c* bis über 100° C., setzt den Hebel wieder an seine Stelle und hebt die Spindel so weit, dass die Bleiplättchen *h* nur ganz wenig von den Platten *c* entfernt sind. Sofort entstehen Schwingungen, die durch Gehör oder mittels Spiegel und Lichtstrahl beobachtet werden können. *H. H.-M.*

Ein Mikrosklerometer zur Härtebestimmung.

Von T. A. Jaggar. *Zeitschr. f. Krystallogr.* **29**. *S. 262. 1898.*

Nach der von Dana aufgestellten und von allen Mineralogen angenommenen Definition versteht man unter *Härte* eines Minerals „den Widerstand einer ebenen Fläche gegen Abnutzung". Aber so einfach diese Definition auch erscheint, so schwierig ist es doch, eine auf ihr beruhende, genaue und nicht zu umständliche Methode zur Gewinnung einer brauchbaren Härteskale zu finden, und thatsächlich weichen auch die Resultate der bisher üblichen Methoden (Ritzen mit der Hand, mit einer Spitze, Hobeln mit einer Normalschneide, Bohren mit einer Normalspitze, Schleifen mit einem Normalpulver) sehr beträchtlich von einander ab. Das Prinzip des Verf. beruht nun darauf, dass er die Anzahl von Umdrehungen bestimmt, welche ein unter einem bestimmten Drucke stehendes tetraëdrisches Spaltstück eines Diamants mit vollkommener Spitze machen muss, um in die zu untersuchende Substanz ein Loch von gegebener Tiefe, etwa 10μ, einzubohren.

Die kleine Bohrmaschine, auf deren spezielle Einrichtung hier nicht näher eingegangen werden kann, ist ungemein sorgfältig gearbeitet und mit einem Uhrwerk versehen, welches einerseits die Umdrehungsgeschwindigkeit des Diamantbohrers genau regelt, andererseits die Anzahl der Umdrehungen abzulesen gestattet; der gleichmässige Druck wird durch Auflegen von Gewichtsstücken hervorgebracht. Die Tiefenmessung führt man mit Hülfe eines Mikroskops in folgender Weise aus: Das zu untersuchende Mineral wird auf dem Support eines Mikroskops befestigt; an dem die Diamantspitze tragenden Arm des Bohrers befindet sich eine kleine, in $^1/_{20}$ *mm* getheilte Glasskale, die sich um eine horizontale Achse drehen lässt; dieselbe wird in das Gesichtsfeld des Mikroskops gebracht und um einen solchen Winkel α gedreht, dass der vertikale Abstand zweier auf einander folgender Striche genau

des Platiniridiumgefässes) sowie die von Thiesen, Scheel und Diesselhorst nach absoluter Methode (s. *diese Zeitschr.* ***17.*** *S. 140. 1897*) und die von Marek durch Wägung (*Wied. Ann.* ***44.*** *S. 172. 1891*) gefundenen Werthe zur Vergleichung beigefügt. Zwischen diesen nach verschiedenen Methoden gefundenen Resultaten bestehen noch Abweichungen von einigen Einheiten der sechsten Dezimale.

Grad (Wasserstoff-skale)	Chappuis		Thiesen, Scheel, Diesselhorst	Marek
	1897	1892		
0	0,999 8674	8681	8679	8767
4	1,000 0000	0000	0000	0000
10	0,999 7272	7285	7272	7327
15	0,999 1285	1289	1263	1347
20	0,998 2328	2327	2298	2339
25	0,997 0726	0741	0714	0681
30	0,995 6755	6787	6732	6720
35	0,994 0623	0651	0576	—
40	0,992 2471	2443	2417	—

Schl.

Vorrichtung zur Verminderung des schädlichen Raumes bei Luftthermometern.

Von G. Guglielmo. *Rend. Accad. dei Linc. (5)* ***6.*** *S. 292. 1897.*

Die Verringerung des schädlichen Raumes wird dadurch erreicht, dass die Kapillare des Luftthermometers beim Uebergang in das weite Manometerrohr sich zu einem Konus von 90° Oeffnung erweitert und die Einstellung der Kuppe in diesem Schenkel des Manometers möglichst hoch erfolgt. *Schl.*

Bestimmung relativer Wärmeleitfähigkeiten nach der Isothermenmethode.

Von W. Voigt. *Wied. Ann.* ***64.*** *S. 95. 1898.*

Die von de Sénarmont angegebene Methode zur Darstellung der Isothermen auf der Oberfläche ungleich temperirter Körper wurde vom Verf. dadurch vervollkommnet, dass er an Stelle eines Gemisches von Wachs und Terpentin reine Elaïdinsäure mit einem geeigneten Zusatz dieser Stoffe verwendet. Diese Methode wird in der vorliegenden Veröffentlichung zur Bestimmung des Verhältnisses der Wärmeleitfähigkeiten zweier an einander grenzender fester Körper von verschiedenem Leitungs-Koëffizienten benutzt. Zu diesem Zweck wird das betreffende Material (in diesem Fall verschiedene Glassorten) in Form rechtwinkliger, kongruenter, dreieckiger Platten geschnitten und mit den Hypotenusenflächen so zusammengelegt, dass ein Rechteck entsteht. Werden die Platten dann mit Elaïdinsäure überzogen und mit der Kathete eines Dreiecks auf einen erhitzten Kupferklotz gestellt, so markiren sich die Isothermen durch Abschmelzen der Mischung. In der Grenzlinie zwischen beiden Körpern erleiden die Isothermen eine Brechung nach der Formel $\lambda_1 : \lambda_2 = \operatorname{ctg} \varphi_2 : \operatorname{ctg} \varphi_1$, wenn λ_1 und λ_2 die Wärmeleitfähigkeiten der beiden Körper bedeuten und φ_1 und φ_2 die Winkel, welche die Isothermen mit der Grenzlinie einschliessen. Durch Messung der Winkel φ lässt sich also das Verhältniss $\lambda_1 : \lambda_2$ bestimmen. *W. J.*

Eine neue Form des Trevelyan'schen Versuchs.

Von N. Traverso. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* ***11.*** *S. 30. 1898.*

Bei dieser Form bewegt sich nicht das erwärmte Metall, sondern ein passend gestalteter Hebel. Die sehr einfache Einrichtung des Apparates erläutert sein senkrechter Durchschnitt (Fig. 1). Mittels Schrauben sind an dem hölzernen Grundbrett *a* zwei Metallsäulen *b b* befestigt, die oben je eine Messing- oder Kupferplatte *c* (Fig. 2, Oberansicht) tragen. Eine dritte Säule *d*, in der die Spindel *e* auf- und abgleiten kann, ist in der Mitte des Grundbretts angebracht. Die Spindel wird durch Drehen der Scheibe *f* gesenkt oder bei Drehung in umgekehrter

Richtung durch die stählerne Feder im Innern von d nach oben gedrückt. Da ein Stück der Spindel und der entsprechende Theil des Innenraumes von d quadratische Querschnitte haben,

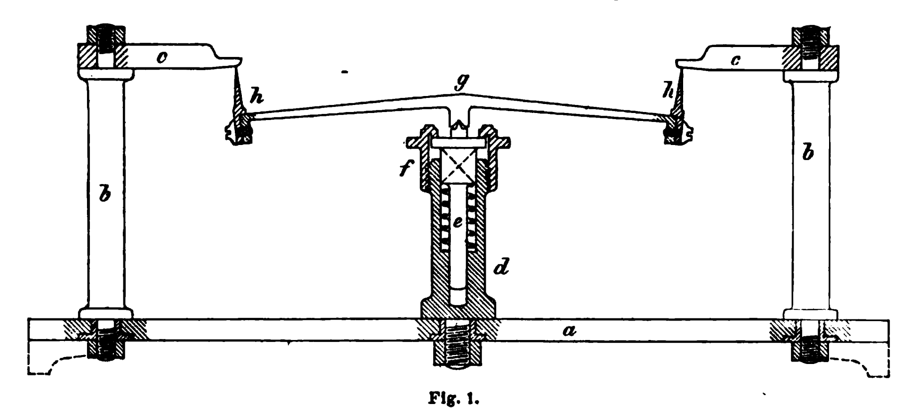


Fig. 1.

so kann sich die Spindel bei dieser lothrechten Verschiebung nicht um ihre Achse drehen. Die scharfe Schneide am oberen Ende der Spindel (Fig. 3, Seitenansicht) trägt den zweiarmigen Hebel g, den zwei Vorsprünge an den Schneidenenden verhindern, sich seitlich zu verschieben. Am Ende eines jeden Hebelarmes ist ein keilförmiges Bleiplättchen h angeschraubt, das oben 5 *mm* breit ist. Der Hebel befindet sich in labilem Gleichgewicht, da sein Schwerpunkt über der Schneide liegt.

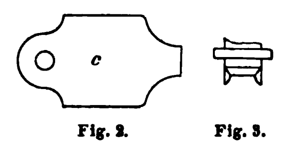


Fig. 2. Fig. 3.

Um den Versuch auszuführen, senkt man die Spindel e so weit, dass man den Hebel herausnehmen kann, erwärmt die Metallplatten c bis über 100° C., setzt den Hebel wieder an seine Stelle und hebt die Spindel so weit, dass die Bleiplättchen h nur ganz wenig von den Platten c entfernt sind. Sofort entstehen Schwingungen, die durch Gehör oder mittels Spiegel und Lichtstrahl beobachtet werden können. *H. H.-M.*

Ein Mikrosklerometer zur Härtebestimmung.

Von T. A. Jaggar. *Zeitschr. f. Krystallogr.* **29**. *S. 262. 1898.*

Nach der von Dana aufgestellten und von allen Mineralogen angenommenen Definition versteht man unter *Härte* eines Minerals „den Widerstand einer ebenen Fläche gegen Abnutzung". Aber so einfach diese Definition auch erscheint, so schwierig ist es doch, eine auf ihr beruhende, genaue und nicht zu umständliche Methode zur Gewinnung einer brauchbaren Härteskale zu finden, und thatsächlich weichen auch die Resultate der bisher üblichen Methoden (Ritzen mit der Hand, mit einer Spitze, Hobeln mit einer Normalschneide, Bohren mit einer Normalspitze, Schleifen mit einem Normalpulver) sehr beträchtlich von einander ab. Das Prinzip des Verf. beruht nun darauf, dass er die Anzahl von Umdrehungen bestimmt, welche ein unter einem bestimmten Drucke stehendes tetraëdrisches Spaltstück eines Diamants mit vollkommener Spitze machen muss, um in die zu untersuchende Substanz ein Loch von gegebener Tiefe, etwa 10μ, einzubohren.

Die kleine Bohrmaschine, auf deren spezielle Einrichtung hier nicht näher eingegangen werden kann, ist ungemein sorgfältig gearbeitet und mit einem Uhrwerk versehen, welches einerseits die Umdrehungsgeschwindigkeit des Diamantbohrers genau regelt, andererseits die Anzahl der Umdrehungen abzulesen gestattet; der gleichmässige Druck wird durch Auflegen von Gewichtsstücken hervorgebracht. Die Tiefenmessung führt man mit Hülfe eines Mikroskops in folgender Weise aus: Das zu untersuchende Mineral wird auf dem Support eines Mikroskops befestigt; an dem die Diamantspitze tragenden Arm des Bohrers befindet sich eine kleine, in $^1/_{20}$ *mm* getheilte Glasskale, die sich um eine horizontale Achse drehen lässt; dieselbe wird in das Gesichtsfeld des Mikroskops gebracht und um einen solchen Winkel α gedreht, dass der vertikale Abstand zweier auf einander folgender Striche genau

des Platiniridiumgefässes) sowie die von **Thiesen, Scheel** und **Diesselhorst** nach absoluter Methode (s. *diese Zeitschr.* **17.** *S. 140. 1897*) und die von **Marek** durch Wägung (*Wied. Ann.* **44.** *S. 172. 1891*) gefundenen Werthe zur Vergleichung beigefügt. Zwischen diesen nach verschiedenen Methoden gefundenen Resultaten bestehen noch Abweichungen von einigen Einheiten der sechsten Dezimale.

Grad (Wasserstoff-skale)	Chappuis 1897	Chappuis 1892	Thiesen, Scheel, Diesselhorst	Marek
0	0,999 8674	8681	8679	8767
4	1,000 0000	0000	0000	0000
10	0,999 7272	7285	7272	7327
15	0,999 1285	1289	1263	1347
20	0,998 2328	2327	2298	2339
25	0,997 0726	0741	0714	0681
30	0,995 6755	6787	6732	6720
35	0,994 0623	0651	0576	—
40	0,992 2471	2443	2417	—

Schl.

Vorrichtung zur Verminderung des schädlichen Raumes bei Luftthermometern.

Von G. **Guglielmo.** *Rend. Accad. dei Linc. (5)* **6.** *S. 292. 1897.*

Die Verringerung des schädlichen Raumes wird dadurch erreicht, dass die Kapillare des Luftthermometers beim Uebergang in das weite Manometerrohr sich zu einem Konus von 90° Oeffnung erweitert und die Einstellung der Kuppe in diesem Schenkel des Manometers möglichst hoch erfolgt. *Schl.*

Bestimmung relativer Wärmeleitfähigkeiten nach der Isothermenmethode.

Von W. **Voigt.** *Wied. Ann.* **64.** *S. 95. 1898.*

Die von **de Sénarmont** angegebene Methode zur Darstellung der Isothermen auf der Oberfläche ungleich temperirter Körper wurde vom Verf. dadurch vervollkommnet, dass er an Stelle eines Gemisches von Wachs und Terpentin reine Elaïdinsäure mit einem geeigneten Zusatz dieser Stoffe verwendet. Diese Methode wird in der vorliegenden Veröffentlichung zur Bestimmung des Verhältnisses der Wärmeleitfähigkeiten zweier an einander grenzender fester Körper von verschiedenem Leitungs-Koëffizienten benutzt. Zu diesem Zweck wird das betreffende Material (in diesem Fall verschiedene Glassorten) in Form rechtwinkliger, kongruenter, dreieckiger Platten geschnitten und mit den Hypotenusenflächen so zusammengelegt, dass ein Rechteck entsteht. Werden die Platten dann mit Elaïdinsäure überzogen und mit der Kathete eines Dreiecks auf einen erhitzten Kupferklotz gestellt, so markiren sich die Isothermen durch Abschmelzen der Mischung. In der Grenzlinie zwischen beiden Körpern erleiden die Isothermen eine Brechung nach der Formel $\lambda_1 : \lambda_2 = \operatorname{ctg} \varphi_2 : \operatorname{ctg} \varphi_1$, wenn λ_1 und λ_2 die Wärmeleitfähigkeiten der beiden Körper bedeuten und φ_1 und φ_2 die Winkel, welche die Isothermen mit der Grenzlinie einschliessen. Durch Messung der Winkel φ lässt sich also das Verhältniss $\lambda_1 : \lambda_2$ bestimmen. *W. J.*

Eine neue Form des Trevelyan'schen Versuchs.

Von N. **Traverso.** *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* **11.** *S. 30. 1898.*

Bei dieser Form bewegt sich nicht das erwärmte Metall, sondern ein passend gestalteter Hebel. Die sehr einfache Einrichtung des Apparates erläutert sein senkrechter Durchschnitt (Fig. 1). Mittels Schrauben sind an dem hölzernen Grundbrett *a* zwei Metallsäulen *b b* befestigt, die oben je eine Messing- oder Kupferplatte *c* (Fig. 2, Oberansicht) tragen. Eine dritte Säule *d*, in der die Spindel *e* auf- und abgleiten kann, ist in der Mitte des Grundbretts angebracht. Die Spindel wird durch Drehen der Scheibe *f* gesenkt oder bei Drehung in umgekehrter

Richtung durch die stählerne Feder im Innern von d nach oben gedrückt. Da ein Stück der Spindel und der entsprechende Theil des Innenraumes von d quadratische Querschnitte haben,

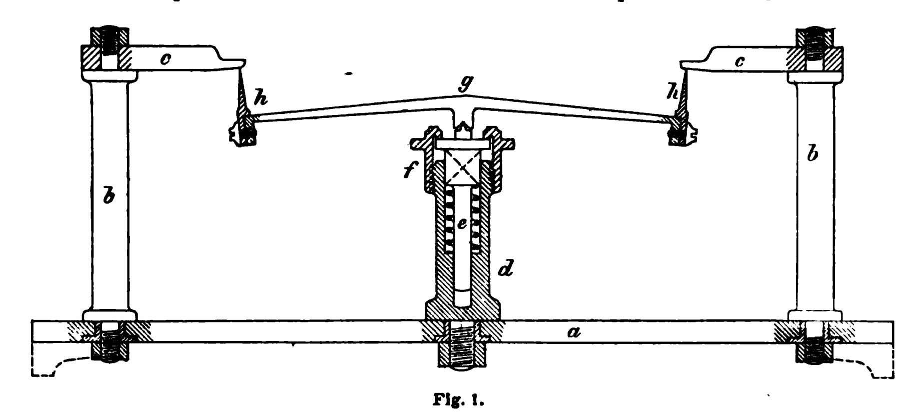


Fig. 1.

so kann sich die Spindel bei dieser lothrechten Verschiebung nicht um ihre Achse drehen. Die scharfe Schneide am oberen Ende der Spindel (Fig. 3, Seitenansicht) trägt den zweiarmigen Hebel g, den zwei Vorsprünge an den Schneidenenden verhindern, sich seitlich zu verschieben. Am Ende eines jeden Hebelarmes ist ein keilförmiges Bleiplättchen h angeschraubt, das oben 5 *mm* breit ist. Der Hebel befindet sich in labilem Gleichgewicht, da sein Schwerpunkt über der Schneide liegt.

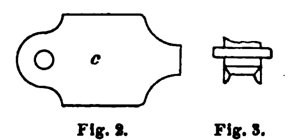


Fig. 2. Fig. 3.

Um den Versuch auszuführen, senkt man die Spindel e so weit, dass man den Hebel herausnehmen kann, erwärmt die Metallplatten c bis über 100° C., setzt den Hebel wieder an seine Stelle und hebt die Spindel so weit, dass die Bleiplättchen h nur ganz wenig von den Platten c entfernt sind. Sofort entstehen Schwingungen, die durch Gehör oder mittels Spiegel und Lichtstrahl beobachtet werden können. *H. H.-M.*

Ein Mikrosklerometer zur Härtebestimmung.

Von T. A. Jaggar. *Zeitschr. f. Krystallogr.* ***29.*** *S. 262. 1898.*

Nach der von Dana aufgestellten und von allen Mineralogen angenommenen Definition versteht man unter *Härte* eines Minerals „den Widerstand einer ebenen Fläche gegen Abnutzung". Aber so einfach diese Definition auch erscheint, so schwierig ist es doch, eine auf ihr beruhende, genaue und nicht zu umständliche Methode zur Gewinnung einer brauchbaren Härteskale zu finden, und thatsächlich weichen auch die Resultate der bisher üblichen Methoden (Ritzen mit der Hand, mit einer Spitze, Hobeln mit einer Normalschneide, Bohren mit einer Normalspitze, Schleifen mit einem Normalpulver) sehr beträchtlich von einander ab. Das Prinzip des Verf. beruht nun darauf, dass er die Anzahl von Umdrehungen bestimmt, welche ein unter einem bestimmten Drucke stehendes tetraëdrisches Spaltstück eines Diamants mit vollkommener Spitze machen muss, um in die zu untersuchende Substanz ein Loch von gegebener Tiefe, etwa 10 μ, einzubohren.

Die kleine Bohrmaschine, auf deren spezielle Einrichtung hier nicht näher eingegangen werden kann, ist ungemein sorgfältig gearbeitet und mit einem Uhrwerk versehen, welches einerseits die Umdrehungsgeschwindigkeit des Diamantbohrers genau regelt, andererseits die Anzahl der Umdrehungen abzulesen gestattet; der gleichmässige Druck wird durch Auflegen von Gewichtsstücken hervorgebracht. Die Tiefenmessung führt man mit Hülfe eines Mikroskops in folgender Weise aus: Das zu untersuchende Mineral wird auf dem Support eines Mikroskops befestigt; an dem die Diamantspitze tragenden Arm des Bohrers befindet sich eine kleine, in $^1/_{20}$ *mm* getheilte Glasskale, die sich um eine horizontale Achse drehen lässt; dieselbe wird in das Gesichtsfeld des Mikroskops gebracht und um einen solchen Winkel α gedreht, dass der vertikale Abstand zweier auf einander folgender Striche genau

10 μ beträgt (sin α = 1/5). Nun stellt man das Mikroskop auf einen bestimmten Strich ein und beginnt zu bohren; in Folge dessen senkt sich die Skale gleichzeitig mit der Spitze des Bohrers, und wenn die Spitze 10 μ tief eingedrungen ist, wird gerade der nächstfolgende Skalenstrich scharf erscheinen. Die an dem Uhrwerk abgelesene Anzahl von Umdrehungen des Bohrers giebt nun ein Maass für die Härte des Minerals. Die Einstellungsfehler auf die Skalenstriche scheinen unter günstigen Umständen etwa 0,5 μ, also etwa 5%, zu betragen, dazu kommen jedoch noch gewisse andere Unsicherheiten, die namentlich in der nach verschiedenen Richtungen verschiedenen Härte gewisser Mineralien ihren Grund haben; dann wird nämlich das Loch nicht mehr gleichmässig rund, sondern elliptisch, die Skale steht nicht vollkommen still, sondern zittert etwas, worunter die Einstellung natürlich leidet u. s. w. Immerhin verspricht die Methode gegenüber den sehr bedeutenden Differenzen der bisher üblichen Methoden eine wesentlich grössere Genauigkeit. Eine ausführliche Veröffentlichung über die Kalibrirung des Instruments stellt der Verf. in Aussicht. *Glch.*

Reichert's Metallmikroskop.

Von A. Rejtö. *Zeitschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie* **14.** *S. 1. 1897.*

Die Besonderheiten des Metallmikroskops von C. Reichert in Wien beziehen sich auf den Vertikalilluminator und den Objekttisch.

Der im Ausziehtubus angebrachte Vertikalilluminator besteht aus einer unter 45° gegen die Tubusachse geneigten Glasplatte und einer Beleuchtungslinse, welche ein Bild der Lichtquelle in das Objektiv wirft.

Die mit parallelen Endflächen zu versehenden Objekte erhalten, wofern ihre Dicke nur unter 50 *mm* ist, ihren Platz auf dem Objekttisch. Derselbe lässt sich um die Stativsäule drehen und durch Zahn und Trieb in der Höhe einstellen; letzteres ist dem Einstellen durch Tubusverschiebung vorzuziehen, da dadurch die Beleuchtung nicht geändert wird. Ausserdem besitzt der Objekttisch zwei Supporte für seitliche Bewegung in zwei zu einander senkrechten Richtungen, sodass grössere Flächen, z. B. Schienenquerschnitte, bequem abgesucht werden können. Der Tisch trägt ferner Stellschrauben, um die obere Fläche des Objektes in eine Lage senkrecht zur optischen Achse bringen zu können. Für Beobachtung dickerer und grösserer Stücke, fertiger Maschinentheile wird das Mikroskop nach Ausschalten des Objekttisches direkt auf das Objekt gesetzt.

Zum Schluss werden noch Vorschriften für das Aetzen der zu beobachtenden Flächen gegeben. *A. K.*

Rotationsdispersion und Temperaturkoëffizient des Quarzes[1].

Von E. Gumlich. *Wied. Ann.* **64.** *S. 333. 1898.*

Die Rotationsdispersion des Quarzes wurde bisher hauptsächlich von Soret und Sarasin bestimmt, und zwar unter Benutzung der Broch'schen Methode mittels Sonnenlichtes sowie mittels der ultravioletten Linien des Cadmiums für das ausgedehnte Spektralgebiet von $\lambda = 760\ \mu\mu$ bis zu $\lambda = 214\ \mu\mu$; für das infrarothe Ende des Spektrums liegen u. a. mehrere Beobachtungen von Carvallo und von Dongier vor, die mit dem Thermoelement bezw. dem Bolometer ausgeführt wurden. Andere Messungen der Drehung des Lichtes durch den Quarz bei Anwendung künstlicher Lichtquellen existiren bisher fast ausschliesslich für Natriumlicht. Der Grund dafür, dass diese Messungen nicht auch noch auf anderes monochromatisches Licht ausgedehnt wurden, ist wohl hauptsächlich darin zu suchen, dass die Mehrzahl der zu Gebote stehenden Lichtquellen für genauere Messungen nicht intensiv genug war. Seit Einführung der Arons'schen Quecksilberlampe verfügt man jedoch über eine Anzahl sehr heller Linien verschiedener Wellenlänge, und es war dadurch die Möglich-

[1]) Vom Hrn. Verf. eingesandtes Referat einer Arbeit, die in dem in diesem Heft veröffentlichten Thätigkeitsbericht der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt auf S. 146 ebenfalls kurz besprochen ist. Die Red.

keit gegeben, die Bestimmung der Rotationsdispersion wenigstens für den grössten Theil des sichtbaren Spektrums mit monochromatischem Lichte auszuführen. Die Quecksilberlampe liefert hauptsächlich die Linien $\lambda = 579$, 577, 546, 436 $\mu\mu$ in grosser Helligkeit; als brauchbar erwiesen sich ausserdem noch $\lambda = 492$ und 405 $\mu\mu$. Durch Füllung der Quecksilberlampe mit Cadmiumamalgam erhielt der Verf. noch die Linien $\lambda = 509$ und 480 $\mu\mu$; für das rothe Ende des Spektrums zeigten sich brauchbar die rothe Wasserstofflinie $\lambda = 656$ $\mu\mu$ und die rothe Lithiumlinie $\lambda = 671$ $\mu\mu$, die durch Einführung gegossener Stangen aus Lithiumkarbonat in die Spitze des Linnemann'schen Knallgasgebläses erzeugt wurde.

Der zu den Messungen benutzte Apparat beruht auf einem von Lummer gefundenen Halbschattenprinzip: Man versilbert die Hypotenusenfläche eines rechtwinkligen Reflexionsprismas, nimmt von dem Silberbelage mehrere Streifen senkrecht zur Prismenkante weg und setzt das Prisma so vor ein Nicol, dass das polarisirte, durch eine Kathetenfläche eintretende Licht die Hypotenusenfläche unter dem Winkel der totalen Reflexion trifft und somit, vom Metallbelag und total von der Glasfläche reflektirt, durch die zweite Kathetenfläche wieder austritt. Steht nun die Polarisationsebene des Nicols nahezu vertikal, bildet sie also beispielsweise mit der Reflexionsebene das Azimuth $(90^\circ - \vartheta)$, so ist das von den belegten und den unbelegten Feldern reflektirte Licht annähernd linear polarisirt, und zwar liegen die Polarisationsebenen symmetrisch zur Vertikalebene, die Felder repräsentiren also Halbschattenfelder, die den Halbschattenwinkel 2ϑ einschliessen. Ein vorgesetztes Analysatornicol mit Theilkreis und Okular ergänzt dann den Apparat zu einem Halbschattenapparat.

Durch ein in den Strahlengang eingefügtes Prisma und einen am Okular befindlichen Spalt wurde das Licht zerlegt und so weit gereinigt, dass Färbungsdifferenzen nicht mehr zu erkennen waren. In Betreff der Einzelheiten des Apparats und der Justirung muss auf die Originalabhandlung verwiesen werden.

Von den vier benutzten Quarzplatten stammte die dickste (24 *mm*) aus der Schweiz, die drei übrigen (3, 5, 10 *mm*) aus Brasilien; die dünnste Platte drehte links, die übrigen rechts. Die Achsenfehler wurden nach der vom Verfasser beschriebenen Interferenzmethode ermittelt; sie liegen innerhalb mässiger Grenzen (4′ bis 12′), sodass eine merkliche Fälschung des Resultates durch den Achsenfehler nicht zu befürchten ist. Ausserdem wurde durch besondere Versuche festgestellt, dass durch die nicht genau geradlinige, sondern etwas elliptische Polarisation des Lichtes wohl die Empfindlichkeit, nicht aber das Endresultat der Drehungsmessungen merklich beeinflusst wurde, und ferner, dass die den Messungen von Kayser und Runge entnommenen Wellenlängen der benutzten Spektrallinien auch bei der vom Verf. gewählten Herstellungsart als hinreichend richtig angesehen werden dürfen.

Der *rechnerisch* ermittelte wahrscheinliche Fehler des Resultats für sämmtliche Linien hängt natürlich wesentlich ab von der Helligkeit der Linien und der hierdurch bedingten Grösse des Halbschattens; er erreicht nur in einem Falle 0°,005; die *thatsächlich* noch vorhandene Unsicherheit des Resultats dürfte dagegen beträchtlich grösser sein; sie wird aber nach der Ansicht des Verf. auch für die rothen und blauen Linien 0°,01, für die Linien mittlerer Wellenlänge 0°,005 nicht übersteigen.

Zur Darstellung der gefundenen Drehungswerthe wurde die Boltzmann'sche Formel $\varphi = \frac{A}{10^6 \cdot \lambda^2} + \frac{B}{10^{12} \cdot \lambda^4} + \frac{C}{10^{18} \cdot \lambda^6} + \ldots$ benutzt, in welcher λ die Wellenlänge in *mm*, $A, B, C \ldots$ Konstanten bezeichnen, die nach der Methode der kleinsten Quadrate ermittelt wurden. Es zeigte sich, dass man für das sichtbare Spektrum mit drei Konstanten vollständig auskommt, und zwar ergab sich $A = +7{,}10014$; $B = +0{,}157392$; $C = -0{,}0013039$. Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht über die Abweichung der so berechneten von den beobachteten Werthen.

Eine nahezu gleich gute Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung erhält man bei Anwendung der Carvallo'schen Formel $\varphi = \frac{A n^2 + B}{10^6 \cdot \lambda^2}$, bei welcher n den zur Wellenlänge λ gehörigen Brechungsquotienten des Quarzes, A und B zwei Konstanten be-

Wellenlänge $\mu\mu$	Gewicht	Drehung pro *mm*		$v =$ B. — R.
		Beobachtung	Rechnung	
670,82	6	16,535°	16,541°	— 0,006°
656,305	6	17,313	17,316	— 3
589,318	10	21,720	21,718	+ 2
579,049	6	22,546	22,541	+ 5
576,945	6	22,718	22,716	+ 2
546,097	8	25,532	25,529	+ 3
508,606	3	29,724	29,724	0
491,641	3	31,967	31,976	— 9
480,009	3	33,667	33,674	— 7
435,856	4	41,548	41,546	+ 2
404,678	1	48,930	48,928	+ 2

deuten, für welche sich die Werthe $A = +11,83832$, $B = -20,68650$ ergaben. Beide Formeln dürfen auch zur Extrapolation nach dem infrarothen, nicht aber nach dem ultravioletten Ende des Spektrums zu benutzt werden. Unter Zuhülfenahme einiger Beobachtungen von Carvallo und von Soret und Sarasin berechnet der Verfasser die für das gesammte Spektralgebiet von $\lambda = 0,002$ *mm* bis $\lambda = 0,0002$ *mm* gültige Formel

$$\varphi = \frac{7,08114}{10^{6} \cdot \lambda^{2}} + \frac{0,173321}{10^{12} \cdot \lambda^{4}} - \frac{0,0056761}{10^{18} \cdot \lambda^{6}} + \frac{0,00042255}{10^{24} \cdot \lambda^{8}} - \frac{0,0000075338}{10^{30} \cdot \lambda^{10}}.$$

Diese wird für das sichtbare Spektrum ungefähr ebenso genau sein, wie die dreigliedrige Formel; für das infrarothe und ultraviolette Ende dürften die Fehler 0°,1 kaum übersteigen.

Die Frage, ob und inwieweit der Temperaturkoëffizient des Quarzes von der Wellenlänge des Lichtes abhängt, ist in vollkommen befriedigender Weise noch nicht gelöst. Während v. Lang und Sohncke für verschiedene Wellenlängen den gleichen Temperaturkoëffizienten fanden, zogen Soret und Sarasin aus ihren Beobachtungen den Schluss, dass der Temperaturkoëffizient mit abnehmender Wellenlänge wachse und dass er im Ultraviolett zwischen 0° und 20° etwa den Werth 0,000179 habe. Es war daher von Interesse, diese Frage wenigstens für einige Wellenlängen des sichtbaren Spektrums einer erneuten Prüfung zu unterziehen. Zu den Beobachtungen diente der oben beschriebene Polarisationsapparat und eine aus zwei Platten zusammengesetzte Quarzsäule von etwa 39 *mm* Dicke. Die Messungen erstreckten sich auf das Temperaturintervall 0° bis 100°, und zwar wurde die Quarzsäule in einem Wasserbade erwärmt. Das letztere bestand aus einem starken eisernen Kasten von etwa 5 *l* Inhalt, der an beiden Enden mit Spiegelglasscheiben verschlossen war. Die Quarzplatten wurden von einem Halter getragen, der den Deckel des Bades durchsetzte und in einem auf dem Deckel ruhenden Dreifuss endigte. Bei den Nullpunktsbeobachtungen schob man den ganzen Dreifuss mit den Quarzplatten im Wasser soweit zur Seite, dass das Licht am Halter vorbei passiren konnte. Vor der Füllung des Gefässes wurden die Platten mittels Gauss'schen Okulars senkrecht zum Strahlengange ausgerichtet und nach der Entleerung nochmals kontrolirt. Wegen der starken Absorption durch das Wasserbad konnte nur Licht von bedeutender Intensität verwendet werden ($\lambda = 656$, 579, 546 und 436 $\mu\mu$); immerhin war bei der rothen und der blauen Linie die Lichtstärke so gering, dass man sich mit grossem Halbschatten und dementsprechend geringerer Empfindlichkeit begnügen musste. Misslich war ferner die Schlierenbildung im Wasser, die bei höheren Temperaturen auch durch starkes Rühren nicht völlig beseitigt werden konnte. Die Erwärmung des Bades erfolgte durch direkt untergesetzte Flammen unter fortwährendem Rühren mit einem breiten, durchbrochenen Rührer.

Zur Erzielung einer Temperatur von nahe 0° wurde das Wasserbad mit einem vorn und hinten offenen Zinkkasten umgeben, der mit gestossenem Eise angefüllt war.

Die Temperatur wurde mit einem dicht neben der Quarzsäule eingesenkten Thermometer gemessen; meist gelang es, sie durch Regulirung der Heizflammen hinreichend lange konstant zu halten, andernfalls wurde bei steigender *und* bei fallender Temperatur beobachtet und der Mittelwerth in Rechnung gesetzt.

Die bei den Temperaturen 1°, 18°, 47°, 74° und 99° ausgeführten Messungen zeigen nun deutlich, dass der Temperaturkoëffizient keine Konstante ist, sondern mit der Temperatur zunimmt. Die Drehung ist also nicht durch eine lineare, sondern mindestens durch eine quadratische Formel von der Form

$$\varphi_t = \varphi_0 [1 + \alpha t + \beta t^2]$$

auszudrücken, in welcher α und β Konstanten bezeichnen, die aus den beobachteten Werthen nach der Methode der kleinsten Quadrate ermittelt wurden; sie sind in der folgenden Tabelle für die verschiedenen Wellenlängen zusammengestellt, ebenso die mittleren Temperaturkoëffizienten für das Intervall 0° bis 100°.

	α		β		M (0° bis 100°)	
$\lambda = 656$	$0,0_3 1333$	+ 23	$0,0_6 172$	— 23	$0,0_3 1505$	0
$\lambda = 579$	1285	— 25	215	+ 20	1500	— 5
$\lambda = 546$	1282	— 28	199	+ 4	1481	— 24
$\lambda = 436$	1338	+ 28	195	0	1533	+ 28
	1310		195		1505	

Die Abweichungen der einzelnen Werthe vom Mittel sind nur gering und zeigen keinen ausgesprochenen Gang, wenn auch die Werthe für die dem rothen Ende näher liegenden Strahlen etwas kleiner sind als für das blaue Licht. Eine Aenderung des Temperaturkoëffizienten mit der Wellenlänge war somit für Strahlen des sichtbaren Spektrums *nicht* nachzuweisen und könnte, falls sie doch vorhanden wäre, jedenfalls nur sehr gering sein; ob dieser Schluss auch für die ultravioletten Strahlen noch gültig ist, muss dahingestellt bleiben.

Im Mittel ergiebt sich somit für die Abhängigkeit der Drehung von der Temperatur im sichtbaren Spektrum der Ausdruck

$$\varphi_t = \varphi_0 [1 + 0,0_3 131\, t + 0,0_6 195\, t^2].$$

Für kleinere Temperaturintervalle, etwa bei der Reduktion der bei Zimmertemperatur ausgeführten Beobachtungen auf eine mittlere Temperatur von 20°, genügt ein linearer Ausdruck vollkommen; derselbe ergiebt sich aus der quadratischen Formel zu $\varphi_{20} = \varphi_t [1 + 0,0_3 14 (20^\circ - t^\circ)]$.

Ueber den inneren Widerstand galvanischer Zellen.

Von E. Haagn. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **23.** *S. 96. 1897.*

Für die Messung des inneren Widerstandes galvanischer Zellen, auch während der Elektrolyse, eignet sich besonders eine Kondensatormethode, welche im Prinzip von W. Nernst angegeben ist (*Zeitschr. f. Elektrochem. 1896. Nr. 20*). In zwei benachbarten Zweigen der Wheatstone'schen Brücke befinden sich je ein Kondensator e_1 und e_2, in den beiden anderen Zweigen ein Widerstand W und die zu vergleichende Zelle. Ebenso ist im Hauptstrom ein Kondensator e_3 eingeschaltet, sodass die Zelle im Allgemeinen offen ist. Will man ihren inneren Widerstand bei Stromentnahme bestimmen, so wird ein äusserer Widerstand zu ihr parallel geschaltet. Zur Einstellung auf Stromgleichheit dient ein Telephon, als Stromquelle ein Saitenunterbrecher. Die beiden Kondensatoren e_1 und e_2 müssen vor der Messung verglichen werden, da ihre Kapazität von der Wechselzahl des Stromes abhängt. Am einfachsten ersetzt man hierbei das Element durch einen bekannten Widerstand und aicht mit diesem den Messwiderstand W. Die Methode liefert sehr gute Resultate, wie aus der Vergleichung mit der Kohlrausch'schen Methode und aus der inneren Uebereinstimmung der gefundenen Zahlen hervorgeht. Die von Streintz (*Wied. Ann.* **49.** *S. 571. 1897*) angegebenen Resultate, dass die Widerstände der Zellen in hohem Maasse von der Stromstärke abhängen, findet Verf. durchaus

nicht bestätigt; die nach seiner Methode bestimmten Widerstände erweisen sich als unabhängig von der Stromstärke. Bei Akkumulatoren ergab sich im Lauf der Entladung ein allmähliches Ansteigen des inneren Widerstandes und dementsprechend beim Laden ein Sinken desselben. Der Anstieg beim Laden geht erst langsam, später rascher vor sich; der Widerstand steigt dabei auf das 3- bis 4-fache des ursprünglichen Werthes. Wenn bei dieser Methode das Minimum im Telephon nicht mehr gut ist, so kann es durch Einschalten einer Polarisationskapazität im Zweig des Widerstandes verbessert werden. Bei Zellen mit kleiner Polarisationskapazität wendet Verf. eine andere Methode an, die ebenfalls von Nernst angegeben ist. Die Zelle wird direkt mit einer Kapazität und dahinter geschaltetem Widerstand verglichen. Als Vergleichskapazität werden dann am besten Aluminiumplatten genommen, die in bestleitende Schwefelsäure tauchen. Vor das Telephon muss in diesem Fall ein Kondensator geschaltet werden, damit die zu messende Zelle stromlos bleibt. *W. J.*

Analyse einer periodischen Kurve nach dem Verfahren von L. Hermann.

Von G. Weiss. *Journ. de phys.* **7.** *S. 141. 1898.*

Fourier hat gezeigt, dass man jede periodische Kurve durch eine Reihe

$$y = A_1 \cos x + A_2 \cos 2x + A_3 \cos 3x + \dots .$$
$$+ B_1 \sin x + B_2 \sin 2x + B_3 \sin 3x + \dots .$$

darstellen kann. Ist nun eine beliebige periodische Kurve gezeichnet, z. B. die Spannungskurve einer Wechselstrommaschine, so hat Hermann ein Verfahren angegeben, durch welches man aus der Kurve je 20 Koëffizienten A und B berechnen kann. Zu diesem Zwecke theilt er das Intervall einer Wellenlänge in 40 gleiche Theile. Da $360:40 = 9$ ist, so entsprechen diese Punkte den Abszissen $x = 9,\ 2\times 9,\ 3\times 9 \dots . 40\times 9$. Entnimmt man nun aus der Kurve die zugehörigen Ordinaten $y_0, y_1 \dots . y_{39}$, so erhält man 40 lineare Gleichungen mit den Unbekannten $A_1 \dots . A_{20}, B_1 \dots . B_{20}$. Dabei sind die Koëffizienten der A und B

$$\cos 9,\ \cos 18,\ \cos 27 \dots . \cos 360,$$
$$\sin 9,\ \sin 18,\ \sin 27 \dots . \sin 360;$$

dies sind aber im Ganzen nur zehn verschiedene Werthe.

Löst man die Gleichungen auf, so erhält man für den n^{ten} Koëffizienten A

$$A_n M = a_0 y_0 + a_1 y_1 + a_2 y_2 + \dots . + a_{39} y_{39}.$$

Die Berechnung giebt für M den Werth 20, während die $a_0, a_1 \dots . a_{39}$ numerisch mit cos 0, cos 9, cos 18 . . . . übereinstimmen.

Um nun die Rechnung bequem durchführen zu können, hat Hermann Tabellen hergestellt, aus denen man die Vielfachen von cos 9, cos 18 . . . . entnehmen kann. Man schreibt nun zunächst die 40 gemessenen Ordinaten in quadrirtem Papier untereinander; in die nächste Kolumne kommen die aus der Tabelle entnommenen Produkte mit cos 9 u. s. w. bis cos 90, sodass man eine Tabelle von 40 Linien und 11 Kolumnen erhält. Für jeden zu berechnenden Koëffizienten giebt es nun ein ebenfalls quadrirtes durchsichtiges Papier, das in jedem Quadrat ein + oder — Zeichen trägt. Jedes dieser Papiere legt man auf die vorher berechnete Tabelle und addirt oder subtrahirt sämmtliche Zahlen je nach dem Zeichen, welches das durchsichtige Papier angiebt. Diese Zahlen sind dann die gesuchten Koëffizienten. Um sein Verfahren zu prüfen, hat Hermann eine willkürliche Kurve berechnet und aus der Zeichnung die Koëffizienten zurückberechnet. Das Resultat ist ein sehr befriedigendes. *E. O.*

Quadrant zur Reduktion von Richtungen auf das Zentrum.

Von T. Branchi. *Rivista di Topogr. e Catasto* **9.** *S. 186. 1896/97.*

Das einfache Instrument zur graphisch-mechanischen Rechnung weniger genauer Zentrirungen (bei der Triangulirung III. und IV. O.) kann in der That, wenn solche Zentrirungs-Rechnungen sehr zahlreich auftreten, dabei Dienste leisten. Wenn übrigens einmal die numerische Rechnung verlassen werden soll, so ist schliesslich ein rein graphisches Verfahren (wie z. B. das von Maffiotti) mindestens ebenso bequem. *Hammer.*

Ueber die Apparate zur Messung von Grundlinien.

Von C. Daviso. *Ebenda* **9.** *S. 49, 88, 126 u. 182. 1896/97.*

Interessanter Ueberblick über die verschiedenen angewandten und versuchten Basismessapparate der letzten 150 Jahre; wegen der ziemlich weitgehenden Vollständigkeit sei schon jetzt auf die Abhandlung aufmerksam gemacht, obgleich sie noch nicht abgeschlossen ist.

Hammer.

Ein neues selbstreduzirendes Tachymeterfernrohr.

Von G. Roncagli. *Ebenda* **9.** *S. 177. 1896/97;* **10.** *S. 5. 1897/98.*

Verf. beschreibt eine neue Form des im Okular des Fernrohrs befindlichen Diagramms, das zur direkten Ablesung der *horizontalen* Entfernung zwischen Instrument und Latte an dieser dienen kann. Die Lösung ist interessant; übrigens wird die Ausführung des Instruments und die Vorführung von Genauigkeitsversuchen abzuwarten sein. *Hammer.*

Neu erschienene Bücher.

J. Violle, Lehrbuch der Physik. Deutsche Ausgabe von E. Gumlich, W. Jaeger, St. Lindeck. II. Theil, 2. Band: Geometrische Optik. VII, 365 S. mit 270 Fig. Berlin, J. Springer 1897. 8,00 M.

Von der Uebersetzung des Violle'schen Lehrbuchs der Physik (vgl. *diese Zeitschr.* **12.** *S. 31. 1892*) liegt nun auch die geometrische Optik vor, ein Gebiet, das sowohl im Ganzen wie in einzelnen Theilen schon früher so vielfach dargestellt war, dass der Stoff bei seinem scheinbar abgeschlossenen Charakter allmählich eine nahezu typische Form erhalten hatte. Die Fortschritte in der Theorie der optischen Instrumente haben auch hier nur beschränkte Berücksichtigung gefunden; es kann daraus jedoch dem Verf. kein so schwerer Vorwurf gemacht werden, da zur Zeit der Bearbeitung des französischen Originals das Lehrbuch von S. Czapski, welches zuerst die sehr zerstreuten Abhandlungen über dies Gebiet in systematischer Darstellung zusammenfasste, noch nicht erschienen war. Der Behandlung des Stoffs sind so im Wesentlichen keine neuen Seiten abgewonnen, wenn sich auch die bekannten Vorzüge der Violle'schen Darstellungskunst nicht verleugnen. Der Vortrag ist durchweg lebendig und anregend; die experimentellen Methoden und die Apparate zum Nachweis der Gesetze und zur Bestimmung der Konstanten sowie auch die instrumentellen Anwendungen sind besonders berücksichtigt. Nach dieser Seite hin bieten die Anmerkungen der Uebersetzer werthvolle Ergänzungen, in denen auch die deutschen Arbeiten mehr herangezogen sind. Dass in dem Werk der Antheil, den die französischen Gelehrten an der Entwicklung der geometrischen Optik genommen haben, vorwiegend betont ist, wird man begreiflich finden; beruht doch vielleicht gerade hierauf zum Theil der Reiz, den das Werk auf uns ausübt; allerdings möchte es Ref. erscheinen, als ob die etwas magere Behandlung der optischen Instrumente der einseitigen Beschränkung auf die heimischen Autoren mit zuzuschreiben sei.

Aus den drei ersten Kapiteln über Fortpflanzung, Reflexion und Brechung des Lichts möge nur einiges hervorgehoben werden, so die ausführlichen Abschnitte über Goniometer und Heliostaten; für die Linsen wird die Gauss'sche Theorie gegeben; unter den Methoden zur Brennweitenbestimmung ist Cornu's Verfahren ausführlicher auseinandergesetzt. Die Theorie der sphärischen Aberrationen ist, wie in den meisten älteren Werken, ziemlich lückenhaft; die ausser der Achse auftretenden Bildfehler sind nur flüchtig gestreift.

Das Kapitel über Dispersion bietet besonders reichen Inhalt; erwähnt sei die schöne Uebersicht über die grundlegenden Newton'schen Versuche, die längeren Artikel über Spektroskope und Apparate zur Messung des Brechungsexponenten. Die Aufzählung der Lage der Linien in den Metallspektren hätte wohl durch einige anschauliche Farbentafeln ergänzt werden können.

In der Lehre von den optischen Instrumenten sind die Eigenschaften derselben bezüglich Vergrösserung, Gesichtsfeld, Helligkeit und Auflösungsvermögen in kurzer und klarer Weise entwickelt, doch vermisst Ref. Figuren, die den wirklichen Strahlengang unter Berücksichtigung der Blenden darstellen. Die Okulare sind besonders ausführlich behandelt, allerdings steht manches auf etwas veraltetem Standpunkt. Mangelhaft ist die Darstellung der Projektionsapparate und photographischen Objektive, die mit einigen flüchtigen, etwas aphoristischen Sätzen abgethan werden. Verschiedene Bemerkungen, die die praktische Optik streifen, sind ferner ungenau oder geradezu unrichtig; so wird *S. 643* behauptet, dass Fraunhofer seinen Fernrohrobjektiven $^1/_{30}$ Oeffnungsverhältniss gegeben habe.

Trotz dieser Mängel verdient das Buch, dass es mit Rücksicht auf die vorzügliche Darstellung empfohlen wird. *A. K.*

Förster u. Lehmann, Die veränderlichen Tafeln des astronomischen u. chronologischen Theils des Kgl. Preussischen Normalkalenders für 1899. Nebst einem allgemeinen statistischen Beitrag von E. Blenck. gr. 8°. V, 202 S. Berlin 1898. 6,00 M.

Jahrbücher d. k. k. Zentralanstalt für Meteorologie u. Erdmagnetismus. Hrsg. v. F. Hahn. Jahrgang 1894. gr. 4°. 128 u. 39 S. Wien 1896. 6,00 M.

Korn, Eine Theorie der Gravitation u. der elektr. Erscheinungen auf Grund der Hydrodynamik. 2. Aufl. gr. 8°. 286 S. Berlin 1898. 6,00 M.

Fuchs, Anleitung zum Bestimmen der Mineralien. 4. Aufl., neu bearbeitet u. stark vermehrt v. R. Brauns. gr. 8°. 250 S. m. zahlreichen Abbildungen. Giessen 1898. 5,00 M.

Jahrbuch der Astronomie u. Geophysik, enthaltend die hervorragendsten Fortschritte auf den Gebieten der Astrophysik, Meteorologie u. physik. Erdkunde. Hrsg. v. Klein. Jhg. VIII, 1897. gr. 8°. m. 5 Tafeln. Leipzig 1898. kart. 7,00 M.

Friedländer, Einleitung in d. Photochemie. Eine Einführung in d. Studium der Chemie u. Photochemie. 8°. XII, 200 S. Weimar 1898. Geb. in Leinw. 6,00 M.

Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik. Begründet von C. Ohrtmann. Unter besonderer Mitwirkung v. F. Müller u. A. Wangerin. Hrsg. v. Lampe. Band XXVI. gr. 8°. 61 S. u. S. 785—1173. Berlin 1898. 11,40 M.

Voigt, Die fundamentalen, physikalischen Eigenschaften der Krystalle in elementarer Darstellung. 8°. VIII, 243 S. mit 42 Holzschnitten. Leipzig 1898. 5,00 M.

Jacobsen, Chemisch-Technisches Repertorium. Uebersichtlicher Bericht über die neuesten Erfindungen, Fortschritte u. Verbesserungen auf dem Gebiete der techn. u. industriellen Chemie, mit Hinweis auf Maschinen, Apparate u. Literatur. gr. 8°. S. 313—456 mit Abbild. Berlin 1898. 3,60 M.

Notiz.

Zu der Mittheilung des Hrn. C. Leiss über eine „Neue Konstruktion des symmetrischen Doppelspaltes nach v. Vierordt" in *dieser Zeitschr.* ***18.*** *S. 116. 1898* möchte ich bemerken, dass die von ihm beschriebene Konstruktion nicht neu ist, da ich bereits im Jahre 1880 für Hrn. Prof. v. Vierordt einen symmetrischen Doppelspalt anfertigte, bei welchem jede der beiden Spindeln der Mikrometerschrauben mit einem Rechts- und Linksgewinde versehen ist. Eine Mittheilung darüber findet sich in der *Zeitschr. f. analyt. Chemie* ***21.*** *S. 188. 1882* und in *Carl's Repertorium der Physik* ***18.*** *S. 223. 1882.* Erstere Stelle führt Hr. Leiss selbst an.

Ich habe diese Konstruktion verlassen und mich derjenigen meines an obigem Ort beschriebenen symmetrischen Doppelspaltes zugewendet, bei welchem anstatt vier nur zwei Schrauben benutzt werden, was ich für einen bedeutenden Vortheil halte.

A. Krüss, Optisches Institut in Hamburg.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:
Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVIII. Jahrgang. **Juni 1898.** Sechstes Heft.

Ueber Quecksilber-Zink- und Quecksilber-Cadmium-Elemente als Spannungsnormale.

Von
W. Jaeger und **K. Kahle.**
(Mittheilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Im Laufe der letzten Jahre haben die Normal-Elemente für grundlegende elektrische Messungen in der Technik wie in der Wissenschaft eine immer höhere Bedeutung gewonnen. Wenn man auch in letzter Linie auf das Silbervoltameter zurückgreifen muss, durch das die Einheit der Stromstärke und indirekt auch die der Spannung gesetzlich definirt ist, so bieten die Normal-Elemente doch ein so bequemes und sicheres Mittel, diese Einheit festzuhalten, dass man nur in den seltensten Fällen das Silbervoltameter direkt benutzen wird. Für die silbervoltametrische Strommessung wird es besonderer Vorschriften bedürfen, um bei grosser Sorgfalt eine Sicherheit von 0,0001 zu erreichen, die mit Normal-Elementen leichter erhalten werden kann.

Als Normal-Elemente sind zu den Clark-Elementen neuerdings die von Hrn. Weston angegebenen Cadmium-Elemente als gleichwerthig hinzugekommen.

Durch Benutzung beider Arten von Elementen neben einander erhält man mehr als die doppelte Sicherheit, weil man ausser der Konstanz der beiden Arten von Elementen auch die Konstanz des Verhältnisses derselben kontroliren kann. Bleibt ausser den Differenzen zwischen den Elementen einer Gattung auch dieses Verhältniss unveränderlich, so kann man auch ohne Zuhülfenahme des Silbervoltameters mit grosser Sicherheit annehmen, dass die Elemente selbst konstant geblieben sind.

Von diesen Ueberlegungen ausgehend, haben die Verf. in der Reichsanstalt einen Stamm von Clark- und Cadmium-Elementen verschiedenen Alters öfter gemessen; ferner soll die E.M.K. der Elemente von Zeit zu Zeit mit Hülfe des Silbervoltameters bestimmt werden. Wir theilen hier die bisher vorliegenden Messungen zusammenhängend mit, bezüglich der bereits veröffentlichten Resultate uns auf das Wesentlichste beschränkend[1]).

1. Herstellung der Elemente.

Clark-Elemente.

Einwurfsfreie Elemente lassen sich nur herstellen, wenn die gesammte Oberfläche der Elektroden für alle Temperaturen von einer konzentrirten (neutralen)

[1]) Siehe die bisherigen Veröffentlichungen über diesen Gegenstand, in denen sich auch Literaturangaben finden. K. Kahle, *diese Zeitschr.* **12.** *S. 117. 1892;* **13.** *S. 191 u. 293. 1893; Wied. Ann.* **51.** *S. 174 u. 203. 1894;* **64.** *S. 92. 1898.* W. Jaeger und R. Wachsmuth, *Elektrotechn. Zeitschr.* **15.** *S. 507. 1894; Wied. Ann.* **59.** *S. 575. 1896.* W. Jaeger, *Elektrotechn. Zeitschr.* **18.** *S. 647. 1897; Wied. Ann.* **63.** *S. 354. 1897.*

Lösung des Elektrolyten umgeben ist. Diese Bedingungen lassen sich bei verschiedenen Formen von Elementen erfüllen, von denen hier aber nur die von Lord Rayleigh angegebene H-Form benutzt wird[1]). Die für die Herstellung dieser Elemente wesentlichsten Punkte sollen hier kurz zusammengefasst werden; in Betreff der Einzelheiten sei auf die speziellen Veröffentlichungen verwiesen.

Der *negative* Pol des Elements besteht aus 10- bis 15prozentigem Zink-Amalgam, das wegen seiner homogenen Beschaffenheit elektrisch gut definirt ist. Ueber dem Amalgam befindet sich eine Schicht zerkleinerter Krystalle von Zinksulfat. Der *positive* Pol wird von metallischem Quecksilber gebildet; darüber befindet sich eine Schicht einer breiartigen Paste, die hergestellt wird durch Zusammenreiben von Quecksilberoxydulsulfat (Hg_2SO_4), etwas metallischem Quecksilber und Zinksulfatkrystallen mit einer konzentrirten Lösung von Zinksulfat. Der übrige Theil des Gefässes wird mit gesättigter Zinksulfatlösung gefüllt.

Soll das Element versandfähig sein, so tritt an Stelle des Quecksilbers eine amalgamirte Platinelektrode und an Stelle der Zinksulfatlösung die obige Paste. Bei Anwendung der Chemikalien ist hauptsächlich darauf zu achten, dass das Quecksilber nicht durch positivere Metalle verunreinigt ist und dass besonders das Zinksulfat keine Spur freier Säure enthält (Prüfung mit Kongoroth). Geringe Verunreinigungen des Zinks sind im Amalgam ohne Einfluss; beim Merkurosulfat werden etwaige Spuren von Oxydsalz oder freier Säure durch die Herstellungsweise der Paste unschädlich gemacht.

In beiden Schenkeln des Elements müssen sich soviel Krystalle von Zinksulfat befinden, dass sie auch bei den höchsten Temperaturen, die erreicht werden, noch im Ueberschuss vorhanden sind. Wenn die Elemente älter sind, backen die Krystalle oft fest zusammen, sodass unter Umständen der Widerstand der Elemente steigt und ausserdem ihre E.M.K. den Temperaturschwankungen nicht mehr so rasch folgen kann. Auch ist in solchen Fällen ein Hochheben der Krystallschicht durch Gasentwicklung am negativen Pol bemerkt worden, die eine vollständige Trennung des Zinkamalgams vom Elektrolyten herbeiführen kann. Dieser Uebelstand lässt sich meist leicht dadurch beseitigen, dass man das Element längere Zeit auf etwa 40° erwärmt. Dadurch werden die Krystalle gelockert, sodass wieder Flüssigkeit zwischen sie eintritt und etwa angesammelte Gase entweichen können. Um sicher zu sein, dass auch die älteren Elemente der Temperatur gut folgen, haben wir dies Verfahren, welches sich gut bewährte, in letzter Zeit für genaue Messungen öfter in Anwendung gebracht. Die Erwärmung über 40° zu treiben, ist wegen der Umwandlung des Zinksulfats in eine andere Modifikation zu vermeiden[2]).

Cadmium-Elemente.

Für die Zusammensetzung der hier benutzten Cadmium-Elemente[3]) gelten im Wesentlichen dieselben Vorschriften, nur dass an Stelle des Zinks überall Cadmium tritt. Da die Löslichkeit des Cadmiumsulfats sich mit der Temperatur nur sehr wenig ändert, so muss man besonders darauf achten, eine wirklich konzentrirte

[1]) Ueber Formen von Clark-Elementen für den technischen Gebrauch siehe K. Feussner, Sammlung elektr. Vortr. Hrsg. v. Voit. Stuttgart, F. Enke. *1. S. 134.*

[2]) S. *Wied. Ann.* **63.** *S. 354. 1897.*

[3]) Die von der *Weston Electrical Instrument Co.* neuerdings ausgegebenen Elemente enthalten keine stets gesättigte Lösung von Cadmiumsulfat, sondern eine bei 4° gesättigte, bei höherer Temperatur verdünnte Lösung. Ihre E.M.K. ist dementsprechend um etwa $^1/_2$ Tausendtel höher.

Lösung zu erhalten, was durch längeres Stehenlassen und öfteres Schütteln zu erreichen ist. Ein Abheben der Krystalle von dem Amalgam durch Gasentwicklung ist bis jetzt nicht beobachtet worden. Die Lösung des Cadmiumsulfats darf nicht über 70° erwärmt werden, da sich sonst ein anderes Hydrat bildet.

2. Konstanz und Reproduzirbarkeit.

Um ein Urtheil über die Konstanz und Reproduzirbarkeit zu gewinnen, wurden von Zeit zu Zeit Vergleichungen zwischen älteren und neueren Elementen vorgenommen.

Die Methode, nach welcher Elemente derselben Art verglichen wurden, ist *Wied. Ann.* **51**. *S. 176. 1894* näher mitgetheilt. Die zu vergleichenden Elemente wurden danach gegeneinander geschaltet und die geringe Differenz der E.M.K. mittels einer Kompensationsbrücke gemessen, bei welcher 2 *mm* Drahtlänge etwa 0,01 *Millivolt* entsprach. Ausser den neuen noch nicht veröffentlichten Vergleichungen sollen auch einige der älteren auszugsweise mitgetheilt werden, um ein übersichtliches Bild von der Konstanz und Reproduzirbarkeit der Elemente für eine längere Zeitperiode zu geben.

Tabelle I.

Vergleichung der Clark-Elemente zu verschiedenen Zeiten.

Element Nr.	Datum der Zusammensetzung	Abweichung vom Mittelwerth in 0,01 *Millivolt*			
		Anfang 1892[1])	Februar 1894	November 1897 14. u. 15.	November 1897 26. u. 27.
4	Nov. 1891	+ 3	— 10	—	—
6	„	+ 5	—	— 1	— 5
7	„	+ 5	—	— 3	— 10
27	Jan. 1892	— 1	+ 4	—	—
28	„	— 2	+ 4	— 7	— 11
30	„	— 2	+ 7	—	—
52	Mai 1892	+ 3	+ 9	—	—
53	„	+ 4	+ 6	0	— 5
54	„	+ 3	+ 7	+ 3	— 2
55	„	+ 4	+ 8	—	—
60	Juli 1892	+ 1	+ 2	— 5	— 3
61	„	— 3	+ 3	0	— 5
62	„	0	—	— 1	— 4
63	„	— 2	0	—	—
65	Febr. 1893	— 2	— 7	—	—
67	„	+ 1	— 7	—	—
69	„	+ 10	+ 3	—	—
70	„	+ 8	— 4	— 1	— 5
71	„	— 4	— 10	—	—
72	„	+ 1	— 14	—	—
110	„	—	—	—	+ 7
111	„	—	—	—	+ 1
112	„	—	—	—	+ 9
120	Aug. 1897	—	—	+ 4	+ 7
121	„	—	—	+ 3	+ 7
122	„	—	—	+ 4	+ 11
123	„	—	—	+ 3	+ 5

[1]) *Diese Zeitschr.* **13**. *S. 297. 1893* und *Wied. Ann.* **51**. *S. 180. 1894.*

Man sieht aus Tabelle I, dass die Abweichungen von *Clark-Elementen*, deren Herstellungszeit bis zu sechs Jahren auseinander liegt, nicht mehr als 0,1 *Millivolt* vom Mittelwerth betragen; es scheint, dass die neu hergestellten Elemente Anfangs etwas höher sind als die älteren, wie auch schon in früheren Veröffentlichungen bemerkt worden ist.

Die *Cadmium-Elemente* geben ganz analoge Resultate für die Konstanz und Reproduzirbarkeit, wie aus der folgenden Tabelle II hervorgeht.

Tabelle II.

Vergleichung der Cadmium-Elemente zu verschiedenen Zeiten.

Element Nr.	Datum der Zusammensetzung	Abweichung vom Mittelwerth in 0,01 *Millivolt*			
		Juli 1894[1])	Januar 1895[1])	März 1896[1])	November 1897
311	April 1894	0	+ 1	—	—
312	„	—	—	— 2	— 4
313	„	+ 2	0	0	+ 1
314	„	+ 3	— 3	— 5	0
315	„	+ 4	— 3	— 3	+ 2
316	„	+ 2	+ 2	— 1	0
317	„	+ 2	— 5	— 1	0
319	„	+ 8	0	— 1	— 4
321	„	0	— 2	— 3	+ 10
323	„	+ 1	— 7	— 2	— 4
324	„	0	— 5	— 6	— 7
328	Mai 1894	+ 4	0	0	+ 10
330	„	+ 1	+ 2	+ 1	+ 3
(330)	„	—	— 1	+ 1	— 8
331	„	+ 2	— 6	+ 7	+ 7
333	„	— 5	— 5	— 1	— 4
340	„	—	— 9	— 3	— 6
341	„	—	—	0	— 4
345	Juni 1894	— 7	— 8	— 7	+ 3
352	„	— 3	+ 2	— 2	— 4
353	„	— 3	— 3	+ 1	— 17
354	„	— 7	— 4	— 10	+ 3
355	„	+ 6	+ 7	+ 1	+ 6
359	„	— 14	0	+ 1	+ 1
360	Juli 1894	— 18	+ 2	— 2	— 12
361	„	+ 12	+ 8	— 3	+ 15
363	„	— 13	— 1	+ 3	— 4
364	„	+ 8	9	— 7	+ 3
365	„	+ 10	— 5	— 7	+ 3
366	„	—	— 2	0	+ 3
368	Dez. 1894	—	+ 13	—	—
369	„	—	+ 18	+ 14	+ 8
370	„	—	+ 7	+ 3	+ 11
371	„	—	+ 10	0	—
372	April 1896	—	—	+ 11	—
373	„	—	—	+ 13	—
374	„	—	—	+ 10	—
375	„	—	—	+ 12	—
376	„	—	—	+ 1	—
377	„	—	—	5	—
378	„	—	—	— 5	—

[1]) *Wied. Ann.* **59**. *S.* 590. *1896.*

3. Verhältniss der Spannungen beider Arten von Elementen.

Die Vergleichung der beiden Arten von Elementen untereinander wurde mit Hülfe eines Feussner'schen Kompensationsapparates ausgeführt, dessen Widerstände öfter verglichen wurden. Bei konstanter Stromstärke wurde derjenige Widerstand bestimmt, durch dessen Endspannung die E.M.K. der betreffenden Elemente kompensirt war. Nach Wiederholung der ersten Messung am Schluss einer Beobachtungsreihe wurden etwaige geringe Aenderungen der Stromstärke, die höchstens einige Hunderttausendtel betrugen, durch Interpolation in Rechnung gesetzt. Die Stromstärke wählte man der grösseren Genauigkeit wegen so, dass innerhalb der Grenzen des Apparats möglichst hohe Widerstände erhalten wurden. Um verschiedene Versuchsbedingungen zu schaffen, wurden auch z. Th. mehrere Elemente derselben Sorte hintereinander geschaltet (so z. B. 5 Cadmium- bezw. 3 Clark-Elemente oder 7 Cadmium- bezw. 5 Clark-Elemente), sodass die Summe der Spannungen für beide Sorten von Elementen annähernd gleiche Grösse hatte. Die Cadmium-Elemente befanden sich dabei stets bei Zimmertemperatur, die Clark-Elemente sowohl bei dieser als auch bei 0°.

Für die Beurtheilung der Konstanz des Verhältnisses der Elemente ist bei den Clark-Elementen das Hauptgewicht auf die Messungen bei 0° zu legen; die Messungen bei Zimmertemperatur sind ausgeführt, um auch die Beziehung zwischen 0° und 15° zu gewinnen. Zur sicheren Temperaturmessung befanden sich die Elemente in Petroleum; die Temperaturen sind Wasserstoffgrade.

Bestimmungen des Verhältnisses der Clark- und Cadmium-Elemente wurden bis jetzt dreimal, im März 1896, Januar 1897 und November 1897 ausgeführt; es besteht die Absicht, diese Messungen in regelmässigen Zwischenräumen zu wiederholen. In der Anordnung der Versuche sind im Laufe der Zeit einige Verbesserungen getroffen worden, sodass den späteren Reihen ein grösseres Gewicht zukommt.

a) Die erste Reihe der Vergleichungen ist bereits in *Wied. Ann.* **59.** *S. 576.* **1896** unter Angabe des Beobachtungsmaterials veröffentlicht worden. An den dort mitgetheilten Zahlen sind noch kleine, damals unberücksichtigt gebliebene Korrektionen anzubringen wegen der Abweichungen der einzelnen Elemente vom Mittelwerth. Bei dem Verhältniss Clark 0°/Cadm. 20° ist der Zähler um ungefähr $1/_{20000}$ zu vergrössern und der Nenner um denselben Betrag zu verkleinern; bei dem Verhältniss Clark 15°/Cadm. 20° muss der Zähler um etwa $1/_{10000}$ vergrössert, der Nenner um denselben Betrag verkleinert werden. Man erhält deshalb als korrigirte Zahlen

$$\text{März 1896} \qquad \frac{\text{Clark } 0^\circ}{\text{Cadm. } 20^\circ} = 1{,}4227$$

$$\frac{\text{Clark } 15^\circ}{\text{Cadm. } 20^\circ} = 1{,}4066$$

und hieraus

$$\text{Clark } 0^\circ - \text{Clark } 15^\circ = 0{,}0164 \text{ int. Volt.}$$

b) Bei den Vergleichungen im Dezember 1896 und Januar 1897 sind die Elemente nur einzeln, nicht in Gruppen gemessen worden. In der folgenden Tabelle III sind die beobachteten Widerstände des Kompensationsapparats und die zugehörigen Temperaturen der Elemente angegeben, sowie die daraus abgeleiteten Verhältnisszahlen. Für die Bildung dieser Verhältnisszahlen ist noch Folgendes zu berücksichtigen.

Die Reduktionen der Elemente auf den Mittelwerth sind den Tabellen I (Nov. 97) und II (März 96) zu entnehmen; die für die Temperatur anzubringenden Korrektionen ergeben sich aus den Formeln für die Temperaturkoëffizienten auf *S. 170 u. 171.*

Tabelle III.

	Datum	Element Nr.	Temp.	Widerstand[1]) Ohm	Verhältniss
1.	5. Dez. 1896	Clark 53	16,5°	7157,0	$\frac{\text{Clark } 15^0}{\text{Cadm. } 20^0} = 1{,}40665$
		Cadm. 370	18,5	5095,0	
		„ 368	18,5	5095,0	
2.	8. Jan. 1897	Cadm. 370	18,1	5095,0	$\frac{\text{Clark } 0^0}{\text{Cadm. } 20^0} = 1{,}42280$
		Clark 28	0	7248,0	
3.	9. Jan. 1897	Cadm. 370	13,9	5095,0	$\frac{\text{Clark } 0^0}{\text{Cadm. } 20^0} = 1{,}42273$
		„ 312	13,9	5094,5	
		Clark 28	0	7246,5	
		„ 70	0	7247,0	
		„ 112	0	7247,8	
4.	„	Clark 53	14,03	7170,5	$\frac{\text{Clark } 15^0}{\text{Cadm. } 20^0} = 1{,}40676$
		„ 111	14,03	7171,7	
		Cadm. 370	14,5	5095,0	
5.	„	Cadm. 370	16,9	5095,0	$\frac{\text{Clark } 0^0}{\text{Cadm. } 20^0} = 1{,}42278$
		Clark 70	0	7247,8	
		„ 28	0	7247,6	
		„ 112	0	7248,7	
		Cadm. 370	16,9	5095,0	
		Clark 112	0	7248,9	
		„ 28	0	7247,6	
		„ 70	0	7247,9	
		Cadm. 370	17,0	5095,0	
6.	„	Clark 53	17,10	7154,5	$\frac{\text{Clark } 15^0}{\text{Cadm. } 20^0} = 1{,}40686$
		„ 111	17,10	7155,0	
		Cadm. 370	16,9	5095,0	
		Clark 111	17,0	7155,1	
		„ 53	17,0	7154,5	
		Cadm. 370	17,0	5095,0	

Hieraus ergeben sich dann folgende Mittelwerthe:

Jan. 1897 $\frac{\text{Clark } 15^0}{\text{Cadm. } 20^0} = \begin{cases} 1{,}40665 \\ 76 \\ 86 \end{cases}$ $\frac{\text{Clark } 0^0}{\text{Cadm. } 20^0} = \begin{cases} 1{,}42280 \\ 73 \\ 78 \end{cases}$

Mittel = *1,40676* *Mittel* = *1,42277*

und ferner

$$\text{Clark } 0^0 - \text{Clark } 15^0 = 0{,}01631 \text{ int. Volt.}$$

c) Vor der Messungsreihe vom November 1897 wurden die Clark-Elemente der oben angegebenen Behandlung unterworfen; sodann wurden sie untereinander verglichen (Tabelle I), ebenso auch die Cadmium-Elemente (Tabelle II). Um bei der Bestimmung des Verhältnisses der Elemente eine noch grössere Sicherheit zu erzielen, wurden die Beobachtungen nach folgendem Schema angestellt.

---

[1]) An den beobachteten Widerständen ist als Korrektion anzubringen

bei 5095 *Ohm* — 0,1 *Ohm*
„ 7157 „ — 0,6 „
„ 7248 „ — 0,6 „

A. Einzelne Elemente.

a = Cadm. 20°
b = Clark 15°
c = Clark 0°
d = Clark 15° — Cadm. 20°
e = Clark 0° — Cadm. 20°
f = Clark 0° — Clark 15°

Durch Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate folgt daraus

$$\text{Clark } 15^0 = \frac{1}{4}(a + 2b + c + d - f),$$

$$\text{Clark } 0^0 = \frac{1}{4}(a + b - 2c + e + f),$$

$$\text{Cadm. } 20^0 = \frac{1}{4}(2a + b + c - d - e).$$

B. Elementengruppen.

g = 3 (Clark 0°)
h = 4 (Cadm. 20°)
i = 3 (Clark 0°) — 4 (Cadm. 20°),

woraus sich ergiebt

$$\text{Clark } 0^0 = \frac{1}{9}(2g + h + i),$$

$$\text{Cadm. } 20^0 = \frac{1}{12}(g + 2h - i).$$

Auf diese Weise werden etwaige Beobachtungsfehler noch verringert und man erhält eine direkte Bestimmung der wichtigen Differenz Clark 0° — Clark 15°. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass die reduzirten Beobachtungszahlen bis auf eine Einheit der letzten angegebenen Stelle, d. h. auf etwa 2 Hunderttausendtel, stets richtig waren, sodass man bei der Mittelbildung den ausgeglichenen Zahlen kein grösseres Gewicht beizulegen braucht. Die bei diesen Messungen benutzten Clark-Elemente sind in zwei Gruppen getheilt, von denen die eine sich bei einer ersten Messungsreihe auf 0°, die andere auf 15° befand; bei der zweiten Reihe war die Anordnung umgekehrt.

In den Tabellen IVa u. IVb sind wieder die direkten Beobachtungsdaten[1]) angegeben. Etwaige Schwankungen der Stromstärke, die sich aus den ungleichen Widerständen für dasselbe Cadmium-Element bei gleichbleibender Temperatur ergeben, sind, soweit nöthig, über die dazwischen liegenden Messungen vertheilt. Die hieraus entspringenden Korrektionen betragen aber höchstens einige Hunderttausendtel. Bei den zur Ausgleichung benutzten Zahlen sind die übrigbleibenden Fehler V in $^1/_{10}$ *Ohm* aufgeführt.

[1]) Die an den beobachteten Zahlen anzubringenden Korrektionen sind wieder dieselben wie auf *S. 166*; es kommen noch hinzu als Korrektionen

für den Widerstand von	92 *Ohm*	= — 0,1	*Ohm*
	2062 „	= — 0,6	„
	2154 „	= — 0,6	„
	8153 „	= + 0,1	„
	8699 „	= + 0,1	„
	1365 „	= — 0,3	„ .

Tabelle IVa: Messungsreihe I.

	Element Nr.	Temp.	Widerst. Ohm	V
	16. Nov. 1897			
1	Cadm. 312	17,3°	5095,0	—
2	Clark 121	0	7249,7	—
3	„ 7	0	7249,1	+ 2
4	Cadm. 312	17,4	5095,0	—
5	Clark 120	16,60	7158,0	—
6	„ 122	16,60	7157,6	—
7	„ 62	16,60	7157,2	—
8	„ 6	16,60	7157,3	— 1
9	Cadm. 312	17,6	5094,8	—
10	„ 316	17,6	5095,0	—
11	„ 340	17,6	5094,7	— 1
12	Clark 7 — Clark 62	0 16,60	92,0	— 1
13	Clark 62 — Cadm. 340	16,62 17,8	2061,7	0
14	Clark 7 — Cadm. 340	0 17,8	2154,0	— 1
15	Cadm. 312	17,8	5093,5	—
	18. Nov. 1897			
16	Cadm. 312	16,9	5095,0	—
17	Clark 122	15,72	7162,7	—
18	„ 62	15,72	7162,4	—
19	„ 6	15,72	7162,4	—
20	Cadm. 312	16,9	5095,0	—
21	Clark 7	0	7248,8	—
22	„ 60	0	7248,4	—
23	Cadm. 312	17,0	5095,0	—
24	„ 316	17,0	5095,2	—
25	„ 340	17,0	5095,1	—

	Element Nr.	Temp.	Widerst. Ohm	V
	19. Nov. 1897			
26	Cadm. 312	17,4	5095,0	— 1
27	Clark 7	0	7248,4	0
28	„ 60	0	7248,5	—
29	„ 121	0	7249,4	—
30	Cadm. 312	17,4	5094,9	—
31	Clark 122	15,94	7161,4	—
32	„ 62	15,94	7160,8	—
33	„ 6	15,94	7161,0	0
34	Cadm. 312	17,5	5095,0	— 1
35	Clark 7 — Cadm. 312	0 17,5	2152,5	— 1
36	Clark 6 — Cadm. 312	15,95 17,5	2066,0	0
37	Cadm. 312	17,5	5095,0	— 1
38	Clark 7 — Clark 6	0 15,99	87,6	+ 1
39	Cadm. 312	17,6	5094,9	—
40	„ 316	17,6	5095,2	—
41	„ 340	17,6	5095,1	—
42	„ 333	17,6	5094,9	—
43	Cadm. (312 + 316 + 340 + 333)	17,8	8152,5	0
44	Clark (7 + 60 + 121)	0	8698,6	0
45	Cadm. (312 + 316 + 340 + 333)	17,8	8152,6	0
46	Cadm. 312	17,8	5095,0	—
47	Clark (7 + 60 + 121) — Cadm. (312 + 316 + 340 + 333)	0 17,8	1365,1	+ 1

Hieraus ergeben sich unter Berücksichtigung der oben angegebenen Reduktionen die folgenden Werthe:

Tabelle V.

Datum	$\frac{\text{Clark } 0^\circ}{\text{Cadm. } 20^\circ}$	$\frac{\text{Clark } 15^\circ}{\text{Cadm. } 20^\circ}$	Clark 0° — Clark 15°
1898	Messungsreihe I		
16. Nov.	1,42291	1,40671	0,01649
18. „	79	61	47
19. „	77	61	46
Mittel	1,42282	1,40664	0,01648
	Messungsreihe II		
23. Nov.	1,42278	1,40657	0,01651
24. „	80	55	55
Mittel	1,42279	1,40656	0,01653
Hauptmittel Nov. 1897	*1,42280*	*1,40660*	*0,01650*

Tabelle IVb: Messungsreihe II.

	Element Nr.	Temp.	Widerst. Ohm	V
	23. Nov. 1897			
1	Cadm. 312	17,1°	5095,0	− 2
2	Clark 62	0	7249,0	—
3	„ 122	0	7249,5	—
4	„ 6	0	7248,5	+ 2
5	Cadm. 312	17,1	5059,0	—
6	Clark 7	16,10	7159,9	0
7	„ 121	16,10	7160,7	—
8	„ 60	16,10	7160,5	—
9	Cadm. 312	17,2	5095,0	—
10	„ 316	17,2	5095,1	—
11	„ 340	17,2	5095,2	—
12	„ 333	17,2	5095,0	—
13	{ Clark 7 − Cadm. 312 }	{ 16,10 17,20 }	2065,1	− 1
14	{ Clark 6 − Cadm. 312 }	{ 0 17,25 }	2154,1	− 1
15	Cadm. 312	17,3	5094,9	—
16	{ Clark 6 − Clark 7 }	{ 0 16,10 }	89,0	− 1
17	{ Clark (62 + 122 + 6) − Cadm. (312 + 316 + 333 + 340) }	{ 0 17,35 }	1366,2	0

	Element Nr.	Temp.	Widerst. Ohm	V
	23. Nov. 1897			
18	Cadm. 312	17,35	5094,9	—
19	{ Cadm. (312 + 316 + 333 + 340) }	17,4	8152,5	0
20	{ Clark (62 + 122 + 6) }	0	8698,9	0
21	{ Cadm. (312 + 316 + 333 + 340) }	17,4	8152,7	0
	24. Nov. 1897			
22	Cadm. 312	17,4	5095,1	—
23	Clark 62	0	7249,2	—
24	„ 6	0	7249,3	—
25	„ 122	0	7249,8	—
26	Cadm. 312	17,5	5095,1	—
27	Clark 7	16,10	7160,1	—
28	„ 121	16,10	7160,8	—
29	„ 60	16,10	7160,3	—
30	Cadm. 312	17,5	5095,2	—
31	„ 316	17,5	5095,3	—
32	„ 340	17,5	5095,2	—
33	„ 333	17,5	5095,2	—

Wie man aus der guten Uebereinstimmung der beiden Reihen sieht, hat die Vertauschung der Elemente keine systematische Abweichung hervorgerufen. Die E.M.K. hat also trotz der starken Temperaturänderung den richtigen Werth angenommen[1]).

In der folgenden Tabelle sind die zu verschiedenen Zeiten gewonnenen Zahlen zusammengestellt und zu Mittelwerthen vereinigt. Hierbei erhielten aus den oben angegebenen Gründen die Messungen vom Nov. 97 das Gewicht 3, die vom Jan. 97 das Gewicht 2 und die vom März 96 das Gewicht 1; die durch direkte Mittelbildung gefundenen Zahlen weichen indessen von diesen nur um wenige Hunderttausendtel ab.

Tabelle VI.
Zusammenstellung der Resultate.

Datum	Clark 0° / Cadm. 20°	Clark 15° / Cadm. 20°	Clark 0° − Clark 15°
März 1896	**1,4227.**	**1,4066.**	**0,0164** ***int. Volt***
Jan. 1897	**277**	**676**	**681**
Nov. 1897	**280**	**660**	**650**
Mittel[2])	**1,42277**	**1,40663**	**0,01642** ***int. Volt***

[1]) Bei Elementen, welche nicht so konstruirt sind, dass die Elektroden stets von gesättigter Lösung umgeben sind, bleibt bei Temperaturschwankungen die E.M.K. hinter der Temperatur zurück. Vgl. hierüber z. B. Ayrton und Cooper, *The Electrician.* ***38.*** *S. 303. 1897* und Callendar und Barnes, *Proc. of Roy. Soc.* ***62.*** *S. 117. 1897.*

[2]) Betreffs der von der *Weston Electrical Instrument Co.* ausgegebenen Cadmiumelemente vgl. *S. 162.*

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass die angegebenen Verhältnisszahlen wohl kaum um mehr als $^1/_{10000}$ des Werthes unsicher sind.

Das hier direkt bestimmte Verhältniss $\frac{\text{Clark } 0^0}{\text{Cadm. } 20^0} = 1{,}42277$ wird durch die Messungen beider Elementenarten mittels des Silbervoltameters nahe bestätigt[1]). Aus der *a. a. O.* angegebenen E.M.K. des Clark-Elements bei $0^0 = 1{,}4494$ *int. Volt* und der des Cadmium-Elements bei $20^0 = 1{,}0184_9$ *int. Volt* ergiebt sich die um $^{2,3}/_{10000}$ grössere Zahl 1,42309 für dieses Verhältniss.

Diese Zahl ist natürlich mit einer grösseren Unsicherheit behaftet als die direkt beobachtete 1,42277. Vertheilt man die Differenz von $^{2,3}/_{10000}$ auf die beiden mit dem Silbervoltameter gefundenen Werthe, so ergiebt sich für das

Clark-Element: 1,4828 *int. Volt* bei 15° C.
Cadm.-Element: 1,0186 „ „ „ 20° C.

Der in der früheren Veröffentlichung (*Wied. Ann.* **59.** *S. 578. 1896*) für die Spannung des Cadmium-Elements angegebene Werth ist in Folge der Annahme eines grösseren Werthes für die E.M.K. des Clark-Elements und eines kleineren Werthes für das Verhältniss um $^4/_{10000}$ grösser.

4. Temperaturkoëffizienten.

Die ursprünglich für das *Clark-Element* angegebene (zwischen 10° und 30° gültige) Formel des Temperaturkoëffizienten[2]) genügt natürlich nicht für eine Extrapolation auf 0°; die Formel muss daher unter Berücksichtigung der direkt gefundenen Differenz zwischen 0° und 15° umgerechnet werden. Das Ergebniss dieser Berechnung ist bereits im Thätigkeitsbericht der Reichsanstalt für 1896/97[3]) mitgetheilt. Diese Formel lautet für die E.M.K. des *Clark-Elements* E_t unter Berücksichtigung des oben abgeleiteten Werthes bei 15° C.

$$E_t = 1{,}4828 - 0{,}001\,19\ (t - 15) - 0{,}000\,007\ (t - 15)^2\ \textit{int. Volt.}$$

Bei der Berechnung wurde damals für die Differenz: Clark 0° — Clark 15° eine um $^1/_{10000}$ kleinere Zahl (0,0163) angenommen als die hier gefundene. Die Einführung des neuen Werthes ($0{,}0164_2$) liefert indessen keine anderen Konstanten für die Formel, wenn man dieselben nicht auf eine Dezimale weiter angeben will. Die hier erhaltenen Resultate finden eine erfreuliche Bestätigung durch die von den Hrn. Callendar und Barnes angegebene Formel für den Temperaturkoëffizienten des Clark-Elementes[4]). Die folgende Tabelle enthält die Differenzen $E_t - E_{15}$ nach beiden Formeln, die also innerhalb der Zehntausendtel übereinstimmen.

Tabelle VII.
$E_t - E_{15}$ für das Clark-Element
(*in Volt*).

t	C. u. B.	P. T. R.
10°	$+ 0{,}0058_5$	+ 0,0058
20°	$- 0{,}0061_5$	— 0,0061
30°	— 0,0194	— 0,0194

[1]) K. Kahle. (Die Mittheilung hierüber wird demnächst erscheinen.)
[2]) *Wied. Ann.* **51.** *S. 197. 1894.*
[3]) *Diese Zeitschr.* **17.** *S. 144. 1897*; siehe auch *Wied. Ann.* **64.** *S. 94. 1898.*
[4]) Callendar und Barnes. *Proc. of Roy. Soc.* **62.** *S. 132. 1897.* Die Formel lautet:
$$E_t = E_{15} - 0{,}001200\ (t - 15^0) - 0{,}0000062\ (t - 15)^2.$$

Für die Differenz zwischen 0° und 15° finden Callendar und Barnes die Zahl 0,0166 *int. Volt*, welche nur um $^{1,3}/_{10000}$ der E.M.K. des Clark-Elements grösser ist als die hier gefundene.

Die entsprechende Formel für das *Cadmium-Element* lautet[1])

$$E_t' = 1{,}0186 - 0{,}000\,038\,(t-20) - 0{,}000\,000\,65\,(t-20)^2 \textit{ int. Volt.}$$

Charlottenburg, im März 1898.

Ueber die Lichtvertheilung in der Brennebene photographischer Objektive mit besonderer Berücksichtigung der bei einfachen Landschaftslinsen und symmetrischen Konstruktionen auftretenden Unterschiede.

Von

Dr. M. von Rohr in Jena.

Betrachtet man den Strahlengang in einem gewöhnlichen photographischen Objektive, so wird für Objekte in der Achse selbst und in einem endlichen Winkelraume um dieselbe die Strahlenbegrenzung bewirkt durch eine Blende meist variabler, aber stets als kreisrund anzusehender Oeffnung, deren Rand in eine zur Objektivachse senkrechte Ebene fällt und zu derselben konzentrisch angenommen werden kann. Liegen die Objekte in einem zu grossen Winkelabstande von der Achse, so wirkt auch die als Gesichtsfeldblende anzusehende Objektivfassung aperturbeschränkend; es sei indessen dieser Fall zunächst ausgeschlossen, was um so eher möglich ist, als man in bekannter Weise durch Abblendung den Winkelraum ausdehnen kann, in welchem eine Beschränkung der Apertur durch die Gesichtsfeldblende nicht eintritt.

Unter Festhaltung dieser Beschränkung betrachten wir also zunächst nur solche Objektpunkte, deren nach der Eintrittspupille zielende Strahlenkegel auch wirklich ganz durch das System hindurchgelassen werden. In den Zeichnungen sei ferner die für die *hier* in Betracht kommenden Ueberlegungen gänzlich indifferente Annahme gemacht, dass das Hauptstrahlenbüschel aberrationsfrei durch die vor und hinter der Aperturblende gelegenen Systemtheile hindurchgelassen werde.

Wenn wir uns in unserer Betrachtung auf unendlich entfernte Objektpunkte beschränken, so gehen innerhalb des betrachteten Winkelraums alle die auf die Eintrittspupille (E.-P.) gerichteten Strahlenbüschel auch durch das System hindurch. Da die Begrenzung dieser Strahlenzylinder durch den Rand der E.-P. als gemeinsamer Basis gegeben ist, so ist leicht einzusehen, dass die Natur dieser Zylinder mit wachsendem Hauptstrahlwinkel u (Fig. 1) eine Aenderung erfährt. Denn während eine durch den Achsenzylinder senkrecht gelegte Ebene einen Kreis ausschneidet, der der E.-P. kongruent ist, so schneidet eine durch den Zylinder von der Neigung u senkrecht gelegte Ebene eine Ellipse aus mit der grossen Achse $2a$ senkrecht zur Papierebene und der kleinen Achse $2a \cos u$ in der Papierebene selbst. Der Quer-

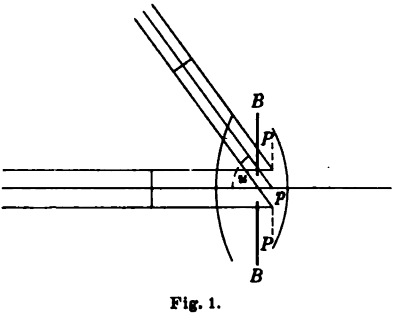


Fig. 1.

---

[1]) *Wied. Ann.* **59.** *S. 582. 1896*; vgl. auch Anm. 3 *S. 162.*

schnitt des geneigten Zylinders ist also aufzufassen als die Projektion der unter dem Winkel u gegen die Schnittebene geneigten E.-P. von der Grösse $a^2\pi$. Da nun die Intensität des von einem unendlich entfernten Objektpunkte kommenden und in das System eintretenden Lichtes nach dem Flächeninhalt des Querschnitts des zylindrischen Strahlenbüschels abzuschätzen ist, so sind wir zu dem Ausspruche berechtigt: die Intensität des von unendlich entfernten Objektpunkten ausgesandten und in das Objektiv eintretenden Lichtes variirt von der Achse bis zum Winkelabstand u nach Maassgabe von $\cos u$, also ist die „Leuchtkraft" I_u für eine beliebige Hauptstrahlneigung u zu der in der Achse geltenden I_0 durch folgende Gleichung in Beziehung gesetzt

$$I_u = I_0 \cos u. \qquad 1)$$

Gehen wir nun zu der Behandlung der Verhältnisse auf der Bildseite über, so ist ja bei keinem optischen Instrument und sonderlich nicht bei den photographischen Objektiven die Strahlenvereinigung eines endlich geöffneten Büschels eine punktmässige, selbst nicht bei Ausschliessung aller Fehler der Herstellung. Schon für das achsiale Büschel ergiebt sich infolge der sphärischen Aberration oder der sphärischen Zonen ein dem Objekt-*Punkt* entsprechendes Bild-*Scheibchen*. Für die seitlich der Achse gelegenen Objektpunkte wird die Zerstreuungsfigur infolge der Aberrationen schiefer Büschel (der Bildfeldkrümmung, des Astigmatismus, der Koma) unweigerlich vergrössert, und es sei gleich von vornherein bemerkt, dass die hier angestellten Ueberlegungen nur insoweit Geltung haben, als der Flächeninhalt der Zerstreuungsfigur noch vergleichbar bleibt mit der Grösse des Aberrationsscheibchens in der Achse. Auf diesen Korrektionszustand wird man aus der Schärfenzeichnung des Objektivs für seitliche Punkte schliessen können, und die Nothwendigkeit seines Bestehens wird es angezeigt erscheinen lassen, nur Objektive ohne grosse astigmatische Fehler für diese Untersuchung heranzuziehen, oder aber sich auf einen nur kleinen Winkelraum u_{max} zu beschränken. Unserer hiermit begründeten Annahme entsprechend, dass die Zerstreuungsfiguren schiefer Büschel von nahezu gleicher Grösse seien wie das achsiale Aberrationsscheibchen, werden diese Abweichungen in den Zeichnungen überhaupt nicht angedeutet.

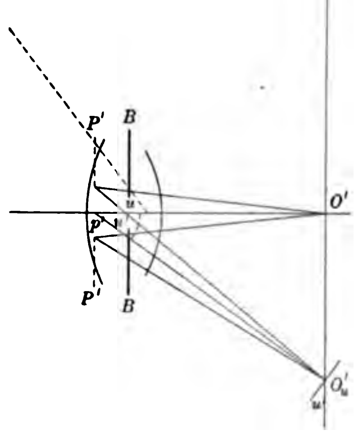


Fig. 2.

Man erkennt leicht, dass die in O'_u (Fig. 2) auf der Ebene $O' O'_u$ wirkende Intensität I'_u sich aus der in O'_u auf einer zum Hauptstrahl $p' O'_u$ senkrechten Ebene wirksamen J'_u ableiten lässt durch

$$I'_u = J'_u \cos u', \qquad 2)$$

wobei u' der Winkel ist, den der Hauptstrahl, der beim Eingang den Winkel u mit der Achse einschloss, nach Austritt aus dem System mit der Achse bildet.

Sehr einfach lässt sich die Intensität J'_u aus der für den Achsenstrahl geltenden $J'_0 = I'_0$ ableiten, indem man einen von Hrn. E. Abbe[1]) herrührenden Satz anwendet:

„Die Lichtwirkung, welche irgend ein optischer Apparat in einem beliebigen Punkte des Bildes einer gegebenen Lichtquelle vermittelt, ist stets

[1]) E. Abbe, Ueber die Bestimmung der Lichtstärke optischer Instrumente. Mit besonderer Berücksichtigung des Mikroskops und der Apparate zur Lichtkonzentration. *Jen. Zeitschr. f. Naturw. u. Med.* **6.** *S. 289. 1872.*

äquivalent einer Lichtstrahlung aus der Fläche des Oeffnungsbildes, wenn dieser in allen Theilen die Leuchtkraft des zugehörigen Objektpunktes beigelegt wird."

Diesem Satz entsprechend hat man zunächst der grösseren Entfernung $p'O'_u = \frac{p'O'}{\cos u'}$ nach Maassgabe des Satzes Rechnung zu tragen, dass die Intensität des Lichtes abnimmt umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung.

Die Leuchtkraft des zugehörigen unendlich entfernten Objektpunktes variirt aber, wie wir oben (1) sahen, infolge des Winkelabstandes u von der Achse entsprechend $\cos u$, mithin haben wir

$$J'_u \sim J'_o \cos u \cos^2 u'.$$

Wir erhalten aus dieser Aequivalenz eine Gleichung, indem wir für jede Hauptstrahlneigung u einen Verlustfaktor $\varkappa_u < 1$ einführen, der den unvermeidlichen Verlusten durch Reflexion und Absorption Rechnung trägt

$$J'_u = \varkappa_u J'_o \cos u \cos^2 u'. \qquad 3)$$

Beachten wir nun noch, dass die Lichtstärke des Systems auf der Achse, Licht konstanter Stärke vorausgesetzt, gegeben ist durch die Gleichung

$$J'_o = \frac{d^2}{f^2},$$

wo d die wirksame Oeffnung und f die Aequivalentbrennweite des betrachteten Systems bedeuten, so erhalten wir schliesslich unter Berücksichtigung der Gleichungen 2) und 3) für die auf der ebenen Auffangfläche wirksamen Intensitäten I'_u die folgende Beziehung

$$I'_u = \frac{d^2}{f^2} \varkappa_u \cos u \cos^3 u'. \qquad 4)$$

Die Diskussion des mit der Hauptstrahlneigung u variirenden Theils des Ausdruckes der Lichtintensität zerfällt in zwei Theile, soweit nämlich Reflexion und Absorption einerseits und die Schiefe der Inzidenz andererseits eine Rolle spielen.

Die Einwirkung von Reflexion und Absorption auf Hauptstrahlen beliebiger Neigung.

Nach der Fresnel'schen Theorie[1]) ist bei einem Strahl vom Inzidenzwinkel i und vom Brechungswinkel i' die Intensität i_m des reflektirten Lichtes, wenn alles auffallende Licht in der Einfallsebene polarisirt angenommen wird, und wenn seine Intensität = 1 ist,

$$i_m = \frac{\sin^2(i - i')}{\sin^2(i + i')}.$$

Für senkrecht zur Einfallsebene polarisirtes Licht der Intensität = 1 ist die Intensität i_s des reflektirten

$$i_s = \frac{\operatorname{tg}^2(i - i')}{\operatorname{tg}^2(i + i')}.$$

Bei der Reflexion des natürlichen Lichtes denken wir uns den elliptisch vibrirenden Strahl in zwei geradlinig polarisirte Komponenten zerlegt, deren Polarisationsebenen mit der Einfallsebene Winkel von 0° und 90° bilden, alsdann ist die Intensität eines

[1]) Ausser in Fresnel's Werken sind die nachstehend aufgeführten Formeln auch mitgetheilt in E. Verdet, Vorlesungen über die Wellentheorie des Lichtes. Deutsche Bearbeitung von K. Exner. Braunschweig, Fr. Vieweg und Sohn, 1881 und 1884. 2. S. 340 bis 354.

jeden der beiden Komponentenstrahlen gleich $1/_2$, und wir haben als Intensität des reflektirten Lichtes

$$\mathfrak{J} = \frac{1}{2}(i_m + i_s)$$
$$= \frac{1}{2}\left[\frac{\sin^2(i-i')}{\sin^2(i+i')} + \frac{\operatorname{tg}^2(i-i')}{\operatorname{tg}^2(i+i')}\right].$$

Wird die Inzidenz zur senkrechten, also $i = i' = 0$, so nimmt jeder der beiden Summanden in der Klammer die Form $\left(\frac{n-n'}{n+n'}\right)^2$ an, wo n und n' die Brechungsexponenten der beiden Medien sind, und wir erhalten

$$\mathfrak{J}_0 = \left(\frac{n-n'}{n+n'}\right)^2.$$

Sind i und i' von Null verschieden, so sind die beiden Summanden innerhalb der Klammer ungleich, d. h. das reflektirte und infolgedessen auch das gebrochene Licht ist nicht mehr rein natürliches Licht, es enthält vielmehr einen gewissen Antheil an geradlinig polarisirtem Lichte.

Was nun die Absorption angeht, so ist für eine Weglänge d im absorbirenden Material die von dem auffallenden Lichte I hindurchgelassene Intensität I'

$$I' = I a^d;$$

dabei ist a die sogenannte Absorptionskonstante, d. h. diejenige Schwächung des Lichts von der Intensität $= 1$, welche in dem betreffenden Medium bei der Weglänge $= 1$ eintritt. Als Maasseinheit wird in unseren Fällen das Centimeter anzunehmen sein.

Die Berechnung des nach den Lichtverlusten durch Reflexion an den x Flächen $(i_{m_1}, i_{m_2}, \ldots . i_{mx}; i_{s_1}, i_{s_2}, \ldots . i_{sx})$ und auf den Weglängen $d_1, d_2, \ldots . d_{x-1}$ in Medien mit den Absorptionskonstanten $a_1, a_2, \ldots . a_{k-1}$ übrigbleibenden Lichtes gestaltet sich nun, wie folgt

$$x_u = \frac{1}{2}\Big\{(1-i_{m_1})\,a_1^{d_1}(1-i_{m_2})\,a_2^{d_2}\ldots(1-i_{m,x-1})\,a_{x-1}^{d_{x-1}}(1-i_{m,x})$$
$$+ (1-i_{s_1})\,a_1^{d_1}(1-i_{s_2})\,a_2^{d_2}\ldots(1-i_{s,x-1})\,a_{x-1}^{d_{x-1}}(1-i_{sx})\Big\}$$
$$= \frac{1}{2}\prod_{\nu=1}^{x-1} a_\nu^{d_\nu}\left\{\prod_{\nu=1}^{x}(1-i_{m,\nu}) + \prod_{\nu=1}^{x}(1-i_{s,\nu})\right\}.$$

Man sieht aus der Form des Verlustfaktors x_u sofort, dass eine gesonderte Berechnung des Reflexions- und des Absorptionseffektes vorgenommen werden kann, und dass sich der schliesslich verbleibende Rest als Produkt aus diesen beiden Faktoren darstellt.

Hinsichtlich des reflektirten Lichtes sei bemerkt, dass die beiden linear polarisirten Komponenten, in welche wir das durch die zunächst unendlich eng angenommene E.-P. eintretende natürliche Licht zerlegt dachten, in ganz verschiedener Weise geschwächt werden. Das in der Einfallsebene polarisirte verliert beträchtlich mehr als das senkrecht zu derselben, und zwar gilt es für die hier betrachteten Hauptstrahlneigungswinkel, dass *die halbe Summe beider Komponenten so gut wie völlig konstant bleibt.* Hier werden die diesbezüglichen Untersuchungsresultate mitgetheilt für die erste sphärisch und astigmatisch korrigirte Einzellinse[1]), nach Hrn. P. Rudolph mit

[1]) Dieselbe wurde von Hrn. P. Rudolph auf Grund seines anastigmatischen Prinzips im Jahre 1891 berechnet und von Carl Zeiss, Optische Werkstaette, Jena, ausgeführt. Aus Rücksichten der Bequemlichkeit der Rechnung wurde hier ein kleinerer Linsendurchmesser zu Grunde gelegt, als dieses

Anastigmat-Satzlinse Serie VI bezeichnet, für die aus zwei solchen Einzellinsen gebildete holosymmetrische Kombination und für das alte Porträtobjektiv von J. Petzval.

Es ergab sich dabei, dass die an den Kittflächen stattfindenden Reflexionen in dem Rahmen einer solchen Untersuchung gänzlich belanglos sind; man würde — innerhalb halber Prozente — zu den gleichen Resultaten gekommen sein, wenn man die Reflexion an den Kittflächen unberücksichtigt gelassen hätte. Die Regel von der sehr annähernd geltenden Konstanz der auf den Hauptstrahlen durchgelassenen Gesammtintensität bleibt, wie aus Fig. 3 zu ersehen, gültig für die hier betrachteten Gesichtsfeldwinkel, d. h. 70° für Einzellinse und Doppelobjektiv und etwa $23^{1}/_{2}$° für das Porträtobjektiv. Ich habe geglaubt, hier über diesen Betrag nicht hinausgehen zu sollen, da J. Petzval[1]) selbst das Gesichtsfeld, für welches sein Porträtobjektiv mit

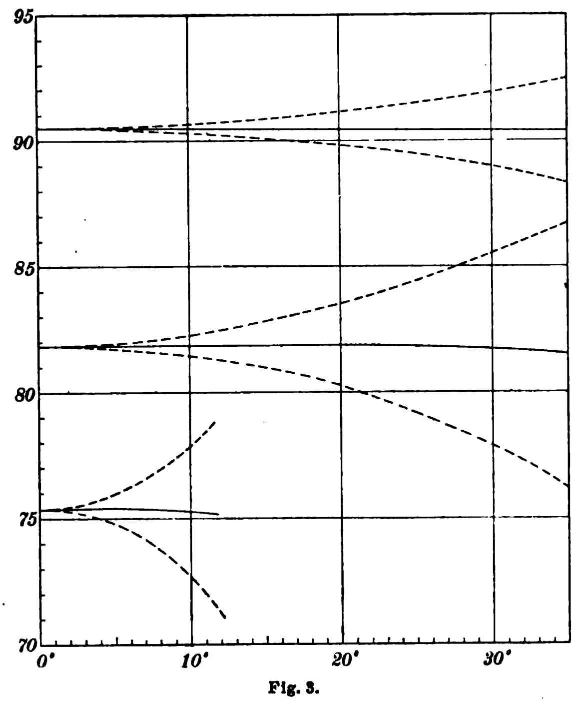


Fig. 3.

Darstellung der Intensität des auf verschieden geneigten Hauptstrahlen durchgelassenen Lichtes für drei verschiedene photographische Systeme.

Das obere Liniensystem gilt für die Rudolph'sche Anastigmat-Satzlinse Serie VI.

Das mittlere Liniensystem gilt für die holosymmetrische Kombination zweier Anastigmat-Satzlinsen.

Das untere Liniensystem gilt für das Petzval'sche Portrait-Objektiv.

Die Abszissen sind die Hauptstrahlneigungen u.

Die durch die untere gestrichelte Kurve jedes Liniensystems begrenzten Ordinaten ergeben in Prozenten des auffallenden Lichtes $\prod_{\nu} (1 - i_{m,\nu})$.

Die durch die obere gestrichelte Kurve jedes Liniensystems begrenzten Ordinaten ergeben in Prozenten des auffallenden Lichtes $\prod_{\nu} (1 - i_{s,\nu})$.

Die durch die mittlere ausgezogene Kurve jedes Liniensystems begrenzten Ordinaten ergeben in Prozenten der auffallendeu Lichteinheit $^{1}/_{2}\left\{ \prod_{\nu} (1 - i_{m,\nu}) + \prod_{\nu} (1 - i_{s,\nu}) \right\}$.

Objektiv in der thatsächlichen Ausführung hatte; es ergeben sich dadurch der Wirklichkeit gegenüber etwas zu kleine Gesichtsfeldwinkel.

[1]) J. Petzval, Bericht über dioptrische Untersuchungen. *Sitzb. Wien. Akad. Math.-naturw. Classe* **26.** *S. 58. 1857.*

voller Apertur arbeitete, auf etwas mehr als 10° und das, für welches die halbe Apertur etwa noch erreicht wurde, auf 31° angab.

Die Werthe für das holosymmetrische Objektiv erhielt man aus den für den Meniskus geltenden, indem man die Komponentenintensitäten in das Quadrat erhob und die Summe halbirte; es war dann nur darauf zu achten, dass der so erhaltene Werth der Reflexion nunmehr einem kleineren Winkel nach der Objektseite hin entsprach, denn der äussere, grosse Winkel des Meniskus war jetzt zum Innenwinkel geworden.

Beachtet man, dass auch die unsymmetrischen Doppelobjektive aus zwei Menisken zusammengesetzt sind, so kann man für Landschaftslinsen, symmetrische und unsymmetrische Doppelobjektive sowie die Petzval'schen Porträtobjektive den Satz aussprechen, dass für das Hauptstrahlenbüschel infolge der Reflexion innerhalb mässiger Achsenwinkel eine gleichmässige Schwächung eintritt, sodass es in der grossen Mehrzahl der Fälle genügen wird, den für senkrechte Inzidenz geltenden und leicht zu ermittelnden Betrag auch für schiefe Hauptstrahlen als gültig anzunehmen. Die Richtigkeit dieses Satzes konnte denn auch an verschiedenen Typen noch konstatirt werden.

Um nun nicht blos auf die Hauptstrahlen angewiesen zu bleiben, wurde ein Strahlenbündel endlicher Oeffnung im Meridionalschnitt durch die Einzellinse verfolgt und zwar für 15° und 32° Neigung gegen die Achse. Die Abweichungen der oberhalb des Hauptstrahls verlaufenden Strahlen gegenüber den unterhalb desselben erreichten auch bei der beträchtlicheren Neigung nur ganz unbedeutende Werthe. Für diesen Objektivtypus wird man sich also wohl berechtigt halten können, den Hauptstrahl hinsichtlich des Reflexionsverlustes als Repräsentanten für das ganze endlich geöffnete Büschel anzusehen.

Den Absorptionsverlust betreffend werden wir uns erheblich kürzer zu fassen haben; die Berechnung desselben gelang nicht, da zuverlässige Messungen der Absorptionskonstante fast völlig zu fehlen scheinen. Es ist nur gelungen, einige wenige, nicht einmal homogene Messungen neueren Datums aufzufinden. Die älteste stammt von Hrn. H. Krüss[1]), welcher die Versuche Vierordt's an einem ähnlichen ($n_E = 1{,}62888$) möglichst weissen Flintglas aus dem glastechnischen Laboratorium in Jena wiederholt. Die Vergleichung wurde auf optischem Wege gemacht und lieferte die nachstehend angeführten Ergebnisse. Dabei bedeuten die für a angeführten Zahlen Mittel aus Ablesungen in dem darüber angegebenen Spektralbezirk. Die Wellenlänge ist überall in $\mu\mu$ gegeben.

O. 103

Gewöhnliches Silikat-Flint (*Dense Flint*)
$n_D = 1{,}6202$; $\nu = 36{,}2$

Bezirk	$C—C^1/_2D$	$C^1/_2D—D$	$D—D^1/_3E$	$D^1/_3E—D^2/_3E$	$D^2/_3E—E$
λ =	656—623	623—589	589—569	569—548	548—527
$a^{1\,cm}$ =	0,969	0,969	0,965	0,959	0,954
Bezirk	$E—b$	$b—b^1/_2F$	$b^1/_2F—F$	$F—F^1/_5G$	$F^1/_5G—F^2/_5G$
λ =	527—517	517—502	502—486	486—475	475—464
$a^{1\,cm}$ =	0,949	0,915	0,901	0,886	0,871
Bezirk	$F^2/_5G—F^3/_5G$	$F^3/_5G—F^4/_5G$	$F^4/_5G—G$		
λ =	464—453	453—442	442—431		
$a^{1\,cm}$ =	0,866	0,863	0,860		

[1]) H. Krüss, Ueber den Lichtverlust in sogenannten durchsichtigen Körpern. *Abh. Naturw. Ver. Hamburg.* **11.** *Heft 1*; abgedr in *Centralz. f. Optik u. Mech.* **11.** *S. 50—54, 61—63, 75—78. S. 76. 1890.*

Die anderen Messungen sind von den Hrrn. H. C. Vogel[1]) und J. Wilsing[2]) veröffentlicht und beziehen sich auf die ebenfalls von O. Schott & Gen. gelieferten Silikatgläser, von denen die Typen O. 203 und O. 340 für den Potsdamer Refraktor in Aussicht genommen wurden. Die Untersuchung fand bis zur Wellenlänge $\lambda = 477\ \mu\mu$ auf optischem Wege durch Hrn. Müller, von 434 bis 375 auf photographischem Wege durch Hrn. J. Wilsing statt. Für alle hier mitgetheilten Beobachtungsresultate sind die aus dem Glaskatalog von O. Schott & Gen. entnommenen Werthe für n_D und ν angeführt. Um Missverständnisse zu vermeiden, sei hier darauf hingewiesen, dass diese (n_D und ν) Werthe nur typische Bedeutung haben und den Charakter der untersuchten Gläser bezeichnen sollen. Die Messungen selbst werden in den meisten Fällen an den meistens kleine Abweichungen zeigenden Ersatzschmelzen derselben Zusammensetzung vorgenommen sein.

Die den angeführten Quellen entnommenen Müller-Wilsing'schen Messungsergebnisse folgen nach:

	$\lambda =$	677	580	535	477	434	400	390	375
O. 102 Schweres Silikat-Flint $n_D = 1,6489$; $\nu = 33,8$.	$a^{1\,cm}$	0,977	0,982	0,979	0,965	0,934	0,926	0,692	
O. 93 Gewöhnliches Silikat-Flint $n_D = 1,6245$; $\nu = 35,8$.	$a^{1\,cm}$	0,994	0,990	0,987	0,990				
O. 598 Silikat-Crown $n_D = 1,5152$; $\nu = 58,6$.	$a^{1\,cm}$	0,985	0,980	0,977	0,974				
O. 203 Gewöhnliches Silikat-Crown $n_D = 1,5175$; $\nu = 59,0$.	$a^{1\,cm}$	0,990	0,986	0,989	0,985	0,960	0,965	0,947	0,947
O. 340 Gewöhnliches Leichtflint $n_D = 1,5774$; $\nu = 41,4$.	$a^{1\,cm}$	0,992	0,986	0,989	0,986	0,945	0,951	0,923	0,909.

Leider stehen gar keine Messungen der Absorptionskonstante hinsichtlich der neuen für die photographische Optik so wichtigen Gläser, wie hauptsächlich der Barytflinte und der schweren Bariumcrowngläser, zur Verfügung. Es war daher unmöglich, für das hier angenommene Musterobjektiv die Absorption zu berechnen.

Zwei Bemerkungen aber lassen sich auf Grund der allgemeinen Form des Absorptionsfaktors $\prod_{\nu=1}^{x-1} a_\nu^{d_\nu}$ machen. Soweit wir bisher unterrichtet sind, hat im optisch besten Zustande Crown ein geringeres Absorptionsvermögen als Flint. Da nun für die schiefen Strahlen beträchtlicher Inzidenz die Weglängen in den Flintlinsen wegen deren nach dem Rande zu zunehmenden Dicke grösser werden als die für die Achsenstrahlen, in den Crownlinsen aber kleiner, so wird im allgemeinen für schiefe Strahlen von einem gewissen Neigungswinkel ab die Schwächung durch Absorption grösser sein als für senkrecht auffallende.

[1]) H. C. Vogel, Die Lichtabsorption als maassgebender Faktor bei der Wahl der Dimension des Objektivs für den grossen Refraktor des Potsdamer Observatoriums. *Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 1896.* **2.** *Nr. 46. 1219—1231.*

[2]) J. Wilsing, Ueber die Lichtabsorption astronomischer Objektive und über photographische Photometrie. *Astronom. Nachr. 1897.* **142.** *Nr. 3400. S. 241—252.*

Vergrössert man andererseits sämmtliche Dimensionen eines Objektivs, d. h. betrachtet man ein Objektiv von m-facher Brennweite, so ändert sich in dem ganzen für I'_u in 4) aufgestellten Ausdrucke allein x_u und zwar deswegen, weil $\prod_{\nu=1}^{x-1} a_\nu^{d_\nu}$ nunmehr übergeht in

$$\prod_{\nu=0}^{x-1} a_\nu^{m d_\nu} = \left[\prod_{\nu=1}^{x-1} a_\nu^{d_\nu}\right]^m.$$

Bei einigermaassen beträchtlichen Absorptionskonstanten a_ν bedeutet das einen verhältnissmässig grossen Lichtverlust mit wachsenden Dimensionen des Instruments, denn die für ein Objektiv des gleichen Typus, aber normaler Brennweite geltenden Lichtreste sind durch die Multiplikation mit

$$\left[\prod_{\nu=1}^{x-1} a_\nu^{d_\nu}\right]^{m-1}$$

noch weiter zu verkleinern.

Die von der Schiefe der Inzidenz abhängige Abnahme der Intensität des Lichtes.

In dem Ausdruck für I'_u (4) war $\cos u \cos^3 u'$ der allein von der Neigung der Hauptstrahlen gegen die Achse abhängige Theil der Intensitätsabnahme; dieser Faktor ist nun von dem Typus des betrachteten Objektives abhängig. Den Maassstab für die Leistung eines für unendlich ferne Objekte, d. h. für Landschaftsaufnahmen verwandten Objektivs bietet der nach der Objektseite gemessene Winkel $2u$, der von den äussersten Hauptstrahlen eingeschlossen wird. Derselbe ist dem Winkel gleich, der durch die von dem vorderen Gauss'schen Hauptpunkte nach den äussersten Objektpunkten gezogenen Verbindungslinien eingeschlossen wird, denn infolge der unendlichen Entfernung der Objektpunkte werden diese Verbindungslinien zu den durch den vorderen Knotenpunkt zu den äussersten Hauptstrahlen parallel gezogenen Graden. Ganz gleichgültig ist für die Beurtheilung des Gesichtsfeldes bei Landschaftsaufnahmen der Winkel, unter dem die Aufnahme vom Mittelpunkt des Objektivs aus erscheint. Auf diese Verhältnisse ist in sehr klarer und anschaulicher Weise schon von Th. Grubb[1]) zu einer Zeit hingewiesen worden, in der man sich zum ersten Mal über die Vorzüge der verschiedenen Objektivtypen für Landschaftsaufnahmen Rechenschaft ablegte.

Hinsichtlich der Grössenverhältnisse zwischen u und u', die von dem Objektivtypus abhängen, sind nun die drei Fälle möglich, dass $u \gtreqless u'$ ist.

1. $u > u'$. In diesem Falle muss die A.-P. weiter als um die Brennweite $H_2 O'$ von der lichtempfindlichen Schicht $O' O'_u$ (Fig. 4) abstehen. Das Objektiv ist in Bezug auf die Hauptpunkte in der Richtung nach dem Objekt verschoben, wie das bei allen einfachen Landschaftslinsen der Fall ist. Der Faktor $\cos u \cos^3 u'$ erhält, da der kleinste Cosinus in der ersten, der grösste in der dritten Potenz vorkommt, die langsamste Abnahme. Es darf dabei aber nicht verschwiegen werden, dass sich hier das

[1]) Th. Grubb, *On the equivalent focus of photographic lenses, and on the angle of objects included. The Brit. Journ. of Phot. 1862.* **9.** *Nr. 166. S. 187—188; Nr. 167. S. 205—206; Nr. 168. S. 224—225; Nr. 169. S. 248; Nr. 171. S. 287—288. S. 205.*

Einzelobjektiv infolge seines hauptsächlichsten Abbildungsfehlers von einer allzu günstigen Seite zeigt. Wie früher[1]) einmal gezeigt wurde, verzeichnet diese Objektivgruppe im allgemeinen tonnenförmig, d. h. die Hauptstrahlneigungen u' sind kleiner, als sie sein sollten. Berechnet man unter Beibehaltung der dortigen Bezeichnung die Winkel $\mathfrak{u}'$ aus $\operatorname{tg} \mathfrak{u}' = \gamma \operatorname{tg} u$, welche einer hypothetischen, verzeichnungsfreien Einzel-

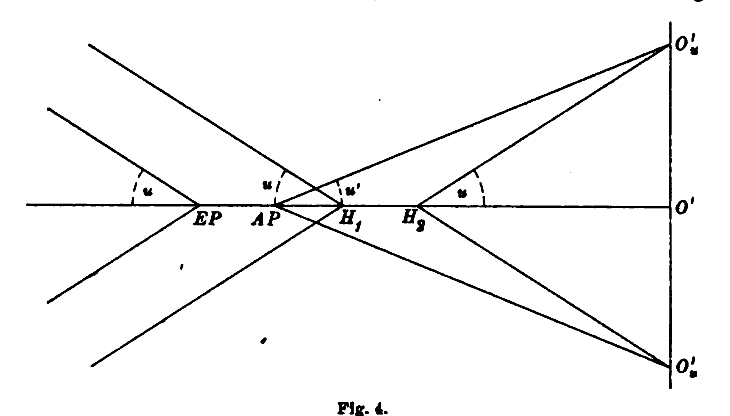


Fig. 4.

linse zukämen, und vergleicht $\cos u \cos^3 u'$ mit $\cos u \cos^3 \mathfrak{u}'$, so findet man letzteren Werth durchgehends kleiner. Damit man sich ein Urtheil über die hier nicht zu vernachlässigende Grössenordnung der Fehler bilden könne, seien hier für verschiedene Winkel u die Werthe beider Faktoren in Prozenten der auf die Plattenmitte fallenden, gleich 1 angenommenen Lichtmenge angegeben.

u =	5°	10°	15°	20°	25°	30°	34°
$\cos u \cos^3 u'$ =	98,77	95,15	89,42	81,93	73,17	63,68	55,91
$\cos u \cos^3 \mathfrak{u}'$ =	98,77	95,12	89,27	81,50	72,22	61,93	53,33
Differenz	0,00	0,03	0,15	0,43	0,95	1,75	2,58

Man sieht also unmittelbar, dass der illegale Zuwachs der Lichtintensität infolge der Verzeichnung bei 34° Hauptstrahlneigung nahezu 2,6 % des in der Mitte auffallenden Lichtes beträgt (Fig. 5).

Vergleicht man also den Lichtabfall beim symmetrischen Objektiv, wo bei 34° Hauptstrahlneigung auf der Objektseite die Intensität auf der Platte nur 47,24 % des in der Mitte auffallenden Lichtes ist, mit dem der Einzellinse auf Grund der angegebenen Resultate, so muss man hervorheben, dass von der beträchtlichen, 8,67 % betragenden Differenz der 3,4. Theil auf den der Einzellinse anhaftenden Verzeichnungsfehler zu schieben ist.

Auf einen solchen Zusammenhang ist übrigens schon in den 60er Jahren von Hrn. R. H. Bow[2]) aufmerksam gemacht worden.

2. $u = u'$. In diesem Falle geht die Formel über in $\cos^4 u$ und findet sich in dieser Gestalt in einer Reihe von Lehrbüchern und Abhandlungen als gültig für alle Objektive. Der Fall $u = u'$ liegt stets vor bei den symmetrischen Objektiven, und E.-P. und A.-P. fallen dann, wie es auch sein muss, mit den Haupt- und Knoten-

[1]) M. von Rohr, Ueber die Bedingungen für die Verzeichnungsfreiheit optischer Systeme mit besonderer Bezugnahme auf die bestehenden Typen photographischer Objektive. *Diese Zeitschr.* **17.** *S. 271. 1897.*

[2]) R. H. Bow, *On the loss of light from obliquity of incidence. The Brit. Journ. of Photogr. 1866.* **13.** *Nr. 309. S. 159—160;* und *Communication to a method of equalising the illumination of the image in landscape photography. Ebenda Nr. 319. S. 281—283.*

punkten zusammen. Die Abnahme von $\cos^4 u$ mit wachsendem u ist hier rascher als in dem erstbehandelten Falle.

3. $u < u'$. Bei solchen Objektiven ist der Abstand zwischen A.-P. und Brennebene kleiner als die Brennweite, d. h. das Objektiv ist gegen seine Hauptpunkte nach der Bildseite hin verschoben. Der Fall liegt bei einer ganzen Reihe von unsymmetrischen Doppelobjektiven vor, und auch das Porträtobjektiv nach J. Petzval gehört darunter. Die Abnahme von $\cos u \cos^3 u'$ ist bei dieser Klasse von Objektiven

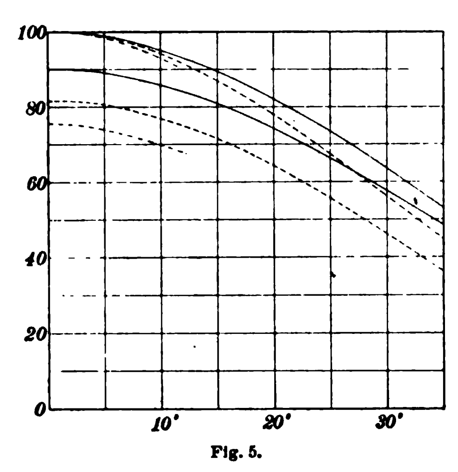


Fig. 5.

Lichtabnahme im eng abgeblendeten Objektiv für drei verschiedene photographische Systeme. Die Abszissen sind die Hauptstrahlneigungen u.

Das obere Kurvensystem stellt die *relative* Lichtabnahme in Prozenten des in der Achse mit $u = 0$ auftreffenden Lichtes dar: $y = \cos u \cos^3 u'$.

—— —— $u > u'$ Anastigmat-Satzlinse Serie VI.
- - - - - - $u = u'$ Holosymmetr. System Serie VIa.
· · · · · · $u < u'$ Petzval'sches Portraitobjektiv.

Das untere Kurvensystem stellt in gleicher Weise prozentisch die *absolute* Lichtabnahme unter Berücksichtigung der Reflexion dar:

$$y = {}^1/_2 \left\{ \underset{\nu}{\Pi}(1 - i_{m,\nu}) + \underset{\nu}{\Pi}(1 - i_{s,\nu}) \right\} \cos u \cos^3 u'.$$

- — — $u > u'$ Anastigmat-Satzlinse Serie VI.
- - - - - - $u = u'$ Holosymmetr. System Serie VIa.
· · · · · · $u < u'$ Petzval'sches Portraitobjektiv.

am stärksten. Hierher gehört auch das Teleobjektiv, das bei seiner starken Annäherung an die Mattscheibe in dieser Hinsicht besonders ungünstige Verhältnisse darbietet.

Der Verzeichnungsfehler, der ja auch bei den Objektiven der 2. und 3. Klasse vorhanden ist, ist hier nicht weiter behandelt worden, weil derselbe, wenigstens soweit gut korrigirte Doppelobjektive in Frage kommen, von gänzlich verschiedener Grössenordnung ist, verglichen mit dem der Einzellinse.

Was den Grund zu dieser Verschiedenheit der Lichtvertheilung bei den einzelnen Typen angeht, so ist er schon gestreift; es liegt an der Entfernung der A.-P. von der Brennebene: je grösser dieselbe im Verhältniss zur Brennweite ist, um so günstiger ist die Lichtvertheilung, weil dann die Hauptstrahlen unter grösserer Annäherung an die senkrechte Inzidenz auf die Brennebene auftreffen.

[Fortsetzung folgt.]

Die Thätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in der Zeit vom 1. Februar 1897 bis 31. Januar 1898.

(Fortsetzung von S. 151.)

III. Arbeiten, betreffend Wärme- und Druckmessungen[1]. *Uebersicht über die laufenden Prüfungen.*

In dem Zeitraum vom 1. Februar 1897 bis 31. Januar 1898 sind folgende Instrumente geprüft worden:

16281 Thermometer,
215 Apparate für Petroleumprüfung,
4993 Legirungsringe,
6 Federmanometer,
29 Barometer,
29 Le Chatelier'sche Thermoelemente.

Ausserdem wurden untersucht

2 Luftgewichtsmesser nach Dr. Fr. Salomon,
6 Gummischläuche (Pneumatik-Reifen) und
1 Gasfüllgummischlauch für Azetylen auf Widerstand gegen hohe Drucke,
1 Kegelventil auf Dichtigkeit gegen hohen Druck,
2 Sorten Leuchtspiritus,
1 Indikator,
eine Reihe Black'scher Schmelzpfropfen auf Schmelzbarkeit.

Die geprüften Thermometer vertheilen sich auf die verschiedenen Gattungen wie folgt:

14407 gewöhnliche ärztliche oder ärztliche Maximumthermometer,
27 ärztliche Thermometer mit Eispunkt (zur Beglaubigung),
73 Immisch'sche Zeigerthermometer,
513 Normalthermometer mit Korrektionsangabe in 0,01°, geprüft in Temperaturen bis 100°,
734 Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,1°, geprüft in Temperaturen bis 100°,
7 Insolationsthermometer,
288 sog. chemische Thermometer für Temperaturen bis 300°,
35 hochgradige Thermometer für Temperaturen bis 400°,
134 hochgradige Thermometer für Temperaturen über 400° bis 550°,
34 Siedethermometer für Höhenmessungen (Anh. Nr. 34),
23 Thermometer für Eispunktsbestimmungen oder Messungen unter 0°,
6 Thermometer nach Walferdin'scher (Beckmann'scher) Konstruktion.

zusammen 16281 Stück.

Von diesen wurden 3946 Stück wegen äusserer Mängel oder Ueberschreitung der Fehlergrenzen als unzulässig zurückgewiesen; 126 Instrumente waren beschädigt eingegangen und 79 während der Prüfung schadhaft geworden. Im Ganzen sind demnach 4151 Stück, d. h. 25,5 % der eingereichten Thermometer zurückgewiesen worden, was gegen das Vorjahr eine Zunahme von 16,5 % bedeutet. Diese Steigerung ist zum Theil durch die erhöhten Ansprüche bedingt, welche jetzt seitens der Reichsanstalt an die Beschaffenheit der Thermometer gestellt werden, zum Theil aber auch durch den Umstand herbeigeführt worden, dass einem Fabrikanten, welcher eine grössere Lieferung ärztlicher Thermometer nach auswärts auszuführen hatte, 42 % der von ihm zur Prüfung eingereichten 3457 Instrumente als unzulässig zurückgegeben werden mussten. Auch hat sich der Prozentsatz der zurückgewiesenen hochgradigen Thermometer gegen das vorige Berichtsjahr erhöht, was daran liegt, dass ein Theil der Fabrikanten, die sich jetzt mit der schwierigen Herstellung solcher Thermometer befassen, noch nicht hinreichende Uebung hierin erlangt hat.

[1]) Wiebe, Grützmacher, Rothe, Lemke, Schwirkus, Hebe.

[illegible] ist an sich schon [illegible] als die bei gegebener Spannung. Ausserdem waren die [illegible] für photometrische Zwecke bestimmt und sind des- [illegible] vielfach [illegible] Prüfung unterzogen worden. Die auf Lebensdauer unter- [illegible] Glühlan[illegible] hatten nach 600 bis 900 Brennstunden um 25% ihrer [illegible] Lichtst[illegible]

Die Z[illegible] Gasglühlichtkörper hat zugenommen. Der grösste Theil derselben [illegible] Zeit schwebenden Gasglühlichtprozessen und wurde von dem [illegible] Fresenius in Wiesbaden und von Hrn. Geh.-Rath Landolt [illegible] körper sind also nicht in der Absicht, eine möglichst grosse Licht- [illegible] hergestellt, sondern die Bestandtheile der Imprägnirungsflüssigkeiten [illegible] der Einsender in der mannigfaltigsten Weise variirt. Einerseits [illegible] Bestandtheile Thor und Cer in den verschiedensten Verhältnissen [illegible] wurden anderweitige Zusätze wie Nd_2O_3, Y_2O_3, CaO, ZrO_2, La_2O_3 zu [illegible] Thor und Cer oder dem Thor allein hinzugefügt. Die Lichtstärke variirte [illegible] bedeutend, von etwa 1 *Hefnerlicht* bis zur Lichtstärke gebräuchlicher Glüh-

[illegible] zugenommen hat die Prüfung der Hefnerlampen, und zwar ist wiederum [illegible] Flammenmesser gegenüber dem Visir bevorzugt worden (30 Visire und 66 [illegible] Flammenmesser).

[illegible] dem Weber'schen Photometer wurden insbesondere die Lichtschwächungskoëffi- [illegible] der Milchglasplatten bestimmt. Die Prüfung des Spektralphotometers bezog sich [illegible] auf die Zweckmässigkeit der Konstruktion und die Güte der optischen Be- [illegible]

Im Anschluss an die Beschlüsse des Genfer internationalen Elektriker-Kongresses im Jahre 1896 haben im verflossenen Jahre in Deutschland die grössten an der Lichtmessung interessirten Vereine (der Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern, der Verband Deutscher Elektrotechniker, der Elektrotechnische Verein in Berlin) sich über die Einführung der Namen und Zeichen der photometrischen Grössen und Einheiten schlüssig gemacht. Hier interessirt hauptsächlich der Name und das Zeichen für die Einheit der Lichtstärke. Bekanntlich hatte seinerzeit die Lichtmesskommission des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern dafür den Namen *Hefnerlicht* gewählt, welcher seitdem auch von der Reichsanstalt benutzt worden ist. Statt dessen ist jetzt in möglichster Anlehnung an die Genfer Beschlüsse und auf Wunsch des Hrn. v. Hefner-Alteneck für gewöhnlich der Name *Kerze* gewählt worden, wofür zur Vermeidung von Missverständnissen auch *Hefnerkerze* gesagt werden darf, unter der Bezeichnung *HK*. Es wird nöthig sein, dass auch die Reichsanstalt in Prüfungsscheinen und Veröffentlichungen diese Bezeichnung annimmt.

In derselben Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, in welcher diese Beschlüsse gefasst sind, wurden auch als vorläufige Regeln einheitliche Bestimmungen über die Photometrirung von Glühlampen angenommen, welche vorher in einer Kommission unter Mitwirkung der Reichsanstalt aufgestellt waren.

[illegible] von [illegible]metern[1]).

Der Zucker lässt sich sowohl in einem Trockenschrank bei einer Temperatur von 100° bis 105° C. als auch in einem luftleer gepumpten Exsikkator über Chlorcalcium vollkommen trocknen. Da aber der nach ersterer Methode getrocknete Zucker eine bis zu einem halben Prozent geringere spezifische Drehung ergab, als wenn der Zucker im Exsikkator getrocknet wurde, ohne dass beim Trocknen im Trockenschrank die geringste Bräunung des Zuckers zu erkennen gewesen wäre, so soll von jetzt ab der zu den Untersuchungen dienende Zucker nur noch im Exsikkator getrocknet werden.

[illegible] Bestimmung [illegible] punkts [illegible] Natriumlicht.

[illegible] erung des [illegible] aus dem Zucker.

[illegible]hängigkeit der [illegible] schen Drehung [illegible] der Temperatur.

Der im vorigen Thätigkeitsbericht angegebene Temperaturkoëffizient der spezifischen Drehung nahezu normaler Zuckerlösungen $\frac{d[\alpha]}{dt} = -0{,}0144 \pm 0{,}0005$ für Temperaturen

[1]) Schönrock.

Hochgradige Thermometer und luftthermometrische Vergleichungen.

Bei der Prüfung der hochgradigen Thermometer wurde eine besondere Beachtung der im Quecksilber dieser Thermometer bisweilen auftretenden Erscheinung der sogenannten „Feuchtigkeit“ geschenkt; in sehr vielen Fällen, nämlich dann, wenn sich nur Blasen von Kohlensäure in Quecksilberfäden befinden, gelingt es durch ein einfaches Verfahren, dieselben in den obern Theil der Kapillare zu bringen. Es sind auch bereits Vorbereitungen getroffen, um die Frage nach dem zur Füllung der hochgradigen Quecksilberthermometer geeignetsten Gase und nach einem zweckmässigen Füllungsverfahren genauer zu untersuchen, da in der letzten Zeit wiederholt Zweifel darüber geäussert wurden, dass die bisherige, allgemein angewandte Methode einwandfrei ist.

Die durch den Umzug in das neue Dienstgebäude bedingte Neuaufstellung und Montirung der Prüfungsapparate nahm längere Zeit in Anspruch, während welcher die Apparate einer genauen Revision unterworfen wurden. Danach ergab sich als dringend nothwendig die Anschaffung eines neuen Salpeterbades zur Prüfung in Temperaturen von 225° bis 550° C. und eines Apparates zur Prüfung kleiner, im Besondern Anschütz'scher Thermometer; mit der Konstruktion dieser Apparate ist begonnen worden.

Um den Bestand der hochgradigen Normalthermometer zu vermehren, sind nach besonderen Angaben 16 neue Normalthermometer beim Glasbläser W. Niehls, Berlin, in Auftrag gegeben; dieselben sollen nach ihrer Fertigstellung sämmtlich direkt mit dem Wasserstoffthermometer verglichen werden. Die vorhandenen Normale sowie zwei neue von W. Niehls gelieferte sind bis 400° C. unter einander verglichen worden. Diese Vergleichungen sollen bis 550° C. fortgesetzt werden.

Umfangreichere luftthermometrische Arbeiten sind zunächst mit Abtheilung I in den Räumen der Versuchswerkstatt in Angriff genommen; die Vergleichung von 4 hochgradigen Thermometern sowie zwei Platin-Platinrhodium-Elementen mit dem Wasserstoffthermometer ist bis 550° C. im Wesentlichen erledigt. Das Ziel dieser Beobachtungen, deren Berechnung noch nicht ganz beendigt wurde, ist weniger die Erlangung einer genauern Temperaturskale für die Temperaturen bis 550° C., als vielmehr ein Anschluss der Skale der Thermoelemente an die der Quecksilberthermometer und ein genaueres Studium des Luftthermometers namentlich bei verschiedenen Gasfüllungen und verschiedenen Gefässen.

Pyrometrische Arbeiten.

Nach der im vorigen Berichtsjahre erfolgten Prüfung von 34 einzelnen Thermoelementen und etwa 6 *kg* Draht zu solchen, ist eine Verminderung in der Zahl der Prüfungen eingetreten, da der früher geprüfte Draht den Bedarf für einen grösseren Zeitraum deckt. Es sind 29 Thermoelemente mit den Normalen verglichen worden, davon ist bei 12 Instrumenten die Vergleichung, welche bisher nur bis 1400° ausgeführt wurde, auf Antrag bis auf 1600° ausgedehnt worden. Diese Vergleichungen zwischen 1400° und 1600° wurden unter Benutzung des Déville'schen Ofens ausgeführt und geschahen auch zwischen einzelnen Normal-Thermoelementen der Reichsanstalt, um eine annähernde Uebereinstimmung der durch Extrapolation gefundenen Spannungswerthe zu erzielen.

Die geprüften Thermoelemente hatten eine Dicke von 0,65 *mm*, ausgenommen eines, welches nur 0,1 *mm* stark war.

Manometer und Barometer.

Es wurden geprüft 6 Federmanometer, darunter 5 Hochdruckmanometer (Anh. Nr. 33), 11 Quecksilberbarometer und 18 Aneroïde (Anh. Nr. 35).

Die Ergebnisse der Untersuchung des Temperatureinflusses bei Aneroïddosen aus verschiedenen Materialien sind nachfolgend zusammengestellt.

Bohne 1167				Bohne 1169			
Barometerstand *mm*	Temperatur-Intervall		Ermittelter Temp.-Koëff. *mm/Grad*	Barometerstand *mm*	Temperatur-Intervall		Ermittelter Temp.-Koëff. *mm/Grad*
1. Dosen aus Neusilber.							
760	+ 2°	+ 17°	+ 0,065	760	+ 2°	+ 18°	— 0,105
580	+ 4	+ 17	+ 0,115	596	+ 4	+ 15	— 0,090
760	— 4	+ 13	+ 0,044	760	— 5	+ 13	— 0,097

Bohne 1167				Bohne 1169			
Barometerstand mm	Temperatur-Intervall		Ermittelter Temp.-Koëff. mm/Grad	Barometerstand mm	Temperatur-Intervall		Ermittelter Temp.-Koëff. mm/Grad
			2. Dosen aus Waterbury-Metall.				
760	+ 2	+ 16	— 0,045	760	+ 4	+ 18	— 0,023
595	+ 2	+ 16	— 0,039	604	+ 2	+ 17	— 0,021
453	+ 1	+ 14	— 0,006	463	+ 2	+ 14	+ 0,017
			3. Dosen aus Konstantan.				
760	+ 2	+ 17	+ 0,022	760	+ 2	+ 17	— 0,017
604	+ 2	+ 17	+ 0,023	600	+ 2	+ 17	+ 0,005
455	+ 2	+ 17	+ 0,052	448	+ 2	+ 17	+ 0,040
760	— 7	+ 13	— 0,003	760	— 7	+ 13	— 0,008
760	+ 17	+ 32	— 0,005	760	+ 17	+ 33	— 0,031

Da zu den vorstehenden Versuchen nur die Dosen der Aneroïde ausgewechselt wurden, während die übrigen Theile des Mechanismus unverändert blieben, so geben die ermittelten Koëffizienten einen Anhalt zur Beurtheilung des Verhaltens der verschiedenen Legirungen gegen den Einfluss der Temperatur auf die Angaben der Aneroïde. Es wird beabsichtigt, die Untersuchungen auch auf Dosen aus Nickelstahl auszudehnen.

Petroleumprober, Zähigkeitsmesser und Petroleumsiedeapparate.

Es wurden geprüft

95 Petroleumprober und

120 Zähigkeitsmesser.

Von den Petroleumprobern wird binnen Kurzem der zweitausendste zur Prüfung gelangen (Anh. Nr. 36).

Zur Untersuchung und Begutachtung gelangten zwei auf Ersuchen des Reichsschatzamts vom Geh.-Rath Finkener und Prof. Engler eingereichte Petroleumsiedeapparate. Die in der Reichsanstalt stattgehabte Konferenz von Vertretern der betheiligten Behörden und Petroleuminteressenten führte zu Abänderungsvorschlägen, auf Grund deren von Prof. Engler ein neuer Destillationsapparat zur Untersuchung eingereicht wurde. Die Ergebnisse wurden in einer vom Reichsschatzamt einberufenen Konferenz verwerthet.

Da diese Destillationsapparate später zu steuerfiskalischen Zwecken benutzt und wie die Abel'schen Petroleumprober von der Reichsanstalt beglaubigt werden sollen, so sind mehrere Versuchsapparate mit geringen Dimensionsänderungen auf Kosten des Reichsschatzamts in Bestellung gegeben, um über die zulässigen Abweichungen von den Normaldimensionen sichere Anhalte zu gewinnen.

Ferner wurden 2 Sorten Leuchtspiritus auf Entflammbarkeit untersucht.

Legirungsringe und Schmelzpfropfen.

Die Zahl der zur Prüfung gelangten Legirungsringe für Schwartzkopff'sche Dampfkessel-Sicherheitsapparate hat sich gegen das Vorjahr noch weiter gehoben. Es sind 4993 Legirungsringe gegen 4230 im Vorjahr mit Schmelzpunkten zwischen 110° und 190° geprüft worden.

Ausserdem ist seitens der Firma Schäffer & Budenberg in Magdeburg der Antrag gestellt worden, Schmelzpfropfen für Black'sche Dampfkessel-Sicherheitsapparate in Bezug auf Schmelzpunkt unter Berücksichtigung des jeweilig im Dampfkessel herrschenden Druckes zu prüfen und zu beglaubigen. Die Reichsanstalt hat dem Antrage Folge gegeben und die vorbereitenden Arbeiten soweit gefördert, dass die Prüfung selbst in Bälde beginnen kann.

Verschiedene Prüfungen.

Von den verschiedenen Arbeiten sind zu nennen: Prüfung eines Indikators, Bestimmung des Schmelzpunkts eines Hartloths, Prüfung eines Gasfüllschlauchs für Azetylen auf Festigkeit gegen hohen Druck.

Andere Arbeiten.

Die provisorische Einrichtung des Laboratoriums in den bis zum Juli innegehabten Räumen des Laboratoriumgebäudes, sowie der darauf folgende Umzug und die Neueinrichtung der neuen Räume gestattete nicht die Ausführung *grösserer* wissenschaftlicher Unter-

suchungen. Auch war zeitweilig die Zahl der laufenden Prüfungsanträge so gross, dass zu deren Erledigung sogar die ausserdienstliche Thätigkeit des Personals in ungewöhnlicher Weise in Anspruch genommen werden musste.

Neu aufgenommen ist eine Untersuchung der Schott'schen Kompensationsthermometer, die, soweit sich bis jetzt übersehen lässt, die von Dr. Hoffmann in Jena gefundenen Resultate[1]) bestätigt. Die Untersuchung ist noch nicht abgeschlossen und soll auch noch auf eine Vergleichung derartiger Thermometer mit Quecksilberthermometern gewöhnlicher Konstruktion ausgedehnt werden.

IV. Optische Arbeiten.

Photometrische Prüfungen[2]).

Die laufenden Prüfungen haben durch den Umzug des optischen Laboratoriums in die neuen Räume des Hauptgebäudes der II. Abtheilung keine wesentliche Unterbrechung erfahren, obwohl die Neueinrichtung der Zimmer, die Aufstellung und Justirung der Apparate viel Zeit in Anspruch nahm. Die in der Zeit vom 1. Februar 1897 bis 31. Januar 1898 ausgeführten photometrischen Prüfungen sind in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt, nach welcher gegen das Vorjahr wiederum eine Zunahme eingetreten ist.

90 beglaubigte Hefnerlampen, davon
- 24 mit Visir,
- 41 mit optischem Flammenmesser,
- 4 mit Visir und optischem Flammenmesser,
- 19 mit optischem Flammenmesser und Ersatzdochtrohr,
- 2 mit Visir, optischem Flammenmesser und Ersatzdochtrohr;

1 geprüfte Hefnerlampe mit Visir;

236 Glühlampen, davon
- 173 bei gegebener Lichtstärke,
- 53 bei gegebener Spannung, davon
  - 15 in Dauerprüfung mit Messungen nach je 5 Stunden,
- 10 bei gegebener Oekonomie, sodann in Dauerprüfung mit im Ganzen 8000 Brennstunden;

270 Gasglühlichtapparate, davon
- 55 in Dauerprüfung mit im Ganzen 24 600 Brennstunden, davon 6 während der ersten 12 Stunden mit Messungen nach je 1 Stunde,
- 215 in einmaliger Prüfung;

2 Gasglühlichtbrenner besonderer Konstruktion;
2 Düsen besonderer Konstruktion;
2 Regulirschrauben für Gasglühlichtapparate;
2 Gasglühlichtzylinder zum Schutze des Glühkörpers;
3 Spiritusglühlichtlampen, davon 2 in Dauerprüfung bis 40 Stunden;
1 Petroleumglühlichtlampe;
2 Petroleumlampen;
2 Grubenlampen;
2 Brennstoffe;
3 Fahrradlaternen, davon 1 mit Azetylenbeleuchtung;
1 Weber'sches Photometer;
1 Spektral-Photometer.

Allerdings ist die Zahl der elektrischen Glühlampen im Ganzen zurückgegangen. Die auf die Prüfung derselben verwandte Zeit hat aber zugenommen, da der weitaus grösste Theil bei gegebener Lichtstärke, nicht bei gegebener Spannung zu prüfen war. Diese

---

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **17.** *S. 257. 1897.*

[2]) Brodhun, Liebenthal.

Prüfung ist an sich schon mühevoller als die bei gegebener Spannung. Ausserdem waren die Lampen grösstentheils als Normallampen für photometrische Zwecke bestimmt und sind deswegen vielfach einer wiederholten Prüfung unterzogen worden. Die auf Lebensdauer untersuchten Glühlampen (3,5 *Watt*-Lampen) hatten nach 600 bis 900 Brennstunden um 25% ihrer Anfangslichtstärke abgenommen.

Die Zahl der geprüften Gasglühlichtkörper hat zugenommen. Der grösste Theil derselben steht in Beziehung zu den zur Zeit schwebenden Gasglühlichtprozessen und wurde von dem chemischen Laboratorium Fresenius in Wiesbaden und von Hrn. Geh.-Rath Landolt eingesandt. Diese Glühkörper sind also nicht in der Absicht, eine möglichst grosse Lichtstärke zu erzielen, hergestellt, sondern die Bestandtheile der Imprägnirungsflüssigkeiten waren nach Mittheilung der Einsender in der mannigfaltigsten Weise variirt. Einerseits waren die gebräuchlichen Bestandtheile Thor und Cer in den verschiedensten Verhältnissen gemischt, andererseits wurden anderweitige Zusätze wie Nd_2O_3, Y_2O_3, CaO, ZrO_2, La_2O_3 zu der Mischung von Thor und Cer oder dem Thor allein hinzugefügt. Die Lichtstärke variirte demgemäss sehr bedeutend, von etwa 1 *Hefnerlicht* bis zur Lichtstärke gebräuchlicher Glühkörper.

Gleichfalls zugenommen hat die Prüfung der Hefnerlampen, und zwar ist wiederum der optische Flammenmesser gegenüber dem Visir bevorzugt worden (30 Visire und 66 optische Flammenmesser).

Bei dem Weber'schen Photometer wurden insbesondere die Lichtschwächungskoëffizienten der Milchglasplatten bestimmt. Die Prüfung des Spektralphotometers bezog sich hauptsächlich auf die Zweckmässigkeit der Konstruktion und die Güte der optischen Bestandtheile.

Im Anschluss an die Beschlüsse des Genfer internationalen Elektriker-Kongresses im Jahre 1896 haben im verflossenen Jahre in Deutschland die grössten an der Lichtmessung interessirten Vereine (der Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern, der Verband Deutscher Elektrotechniker, der Elektrotechnische Verein in Berlin) sich über die Einführung der Namen und Zeichen der photometrischen Grössen und Einheiten schlüssig gemacht. Hier interessirt hauptsächlich der Name und das Zeichen für die Einheit der Lichtstärke. Bekanntlich hatte seinerzeit die Lichtmesskommission des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern dafür den Namen *Hefnerlicht* gewählt, welcher seitdem auch von der Reichsanstalt benutzt worden ist. Statt dessen ist jetzt in möglichster Anlehnung an die Genfer Beschlüsse und auf Wunsch des Hrn. v. Hefner-Alteneck für gewöhnlich der Name *Kerze* gewählt worden, wofür zur Vermeidung von Missverständnissen auch *Hefnerkerze* gesagt werden darf, unter der Bezeichnung *HK*. Es wird nöthig sein, dass auch die Reichsanstalt in Prüfungsscheinen und Veröffentlichungen diese Bezeichnung annimmt.

In derselben Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, in welcher diese Beschlüsse gefasst sind, wurden auch als vorläufige Regeln einheitliche Bestimmungen über die Photometrirung von Glühlampen angenommen, welche vorher in einer Kommission unter Mitwirkung der Reichsanstalt aufgestellt waren.

Prüfung von Saccharimetern[1]).

a) Normalbestimmung des Hundertpunkts der Ventzke'schen Skale für Natriumlicht.

α) Entfernung des Wassers aus dem Zucker.

Der Zucker lässt sich sowohl in einem Trockenschrank bei einer Temperatur von 100° bis 105° C. als auch in einem luftleer gepumpten Exsikkator über Chlorcalcium vollkommen trocknen. Da aber der nach ersterer Methode getrocknete Zucker eine bis zu einem halben Prozent geringere spezifische Drehung ergab, als wenn der Zucker im Exsikkator getrocknet wurde, ohne dass beim Trocknen im Trockenschrank die geringste Bräunung des Zuckers zu erkennen gewesen wäre, so soll von jetzt ab der zu den Untersuchungen dienende Zucker nur noch im Exsikkator getrocknet werden.

β) Abhängigkeit der spezifischen Drehung von der Temperatur.

Der im vorigen Thätigkeitsbericht angegebene Temperaturkoëffizient der spezifischen Drehung nahezu normaler Zuckerlösungen $\frac{d[\alpha]}{dt} = -0{,}0144 \pm 0{,}0005$ für Temperaturen

[1]) Schönrock.

zwischen 12° und 25° C. wurde bei der Untersuchung weiterer neun Lösungen von Rohr- und Rübenzucker als richtig bestätigt.

γ) Zunahme des Drehungswinkels mit der Zeit.

Die schon im vorigen Thätigkeitsberichte erwähnte Thatsache, dass der Drehungswinkel von Zuckerlösungen unter gewissen Umständen mit der Zeit zunimmt, ohne dass eine Verdunstung eintritt, wurde nach Anstellung zahlreicher Versuche aufgeklärt. Es hatte sich nämlich gezeigt, dass, sobald die Zuckerkrystalle in einer Reibschale pulverisirt wurden, der Drehungswinkel der Lösungen mit der Zeit zunahm, während, wenn die ganzen Zuckerkrystalle oder aber aus Lösung pulverförmig niedergeschlagener Zucker in Lösung gebracht wurden, der Drehungswinkel konstant blieb. Als Grund für diese Erscheinung wurde schliesslich festgestellt, dass die Zunahme des Drehungswinkels durch den beim Pulverisiren der Krystalle in den Zucker gelangenden feinen Staub verursacht wird, und zwar in der folgenden Weise. Da mit einem Lippich'schen Halbschatten-Polarisationsapparat mit zweitheiligem Gesichtsfelde und horizontaler Trennungslinie desselben gearbeitet wird, so werden die von Punkten der unteren Gesichtsfeldhälfte ausgehenden Strahlen durch den sich in der Polarisationsröhre mit der Zeit nach unten absetzenden Staub stärker als diejenigen der oberen Feldhälfte absorbirt, und da man stets auf gleiche Helligkeit beider Felder einstellt, so ändert sich diese Einstellung in dem Maasse, als sich der Staub in der Röhre zu Boden setzt. Die dadurch bewirkte scheinbare Zunahme des Drehungswinkels der Zuckerlösung tritt nicht mehr ein, sobald man die Trennungslinie vertikal stellt und die Helligkeit der beiden Gesichtsfeldhälften immer in gleicher Höhe beurtheilt; es wurde dies durch Versuche bestätigt.

So ergab sich dann das Resultat, dass in der Reibschale pulverisirter Zucker die gleiche spezifische Drehung wie aus Lösungen pulverförmig gefällter Zucker besitzt (bis auf wenigstens $^{1}/_{60000}$ des Werthes), und dass sich die spezifische Drehung, solange nicht Pilzbildung in der Röhre eintritt, bei gewöhnlicher Zimmertemperatur selbst in einem Zeitraume von sieben Tagen noch nicht um $^{1}/_{60000}$ ihres Betrages ändert.

δ) Reinigung des Zuckers.

Da verschiedene Sorten von Rohr- und Rübenzucker, deren Aschengehalt 0,01% und weniger beträgt, spezifische Drehungen ergaben, die bis zu 0,2% differiren, so sollen nunmehr die verschiedenen Reinigungsmethoden des Zuckers einer besonderen Untersuchung unterzogen werden, um, wie es erwünscht wäre, die Differenzen mindestens bis auf 0,05% zu verkleinern.

ε) Bestimmung der spezifischen Drehung des Zuckers für Quecksilberlicht.

Da der optische Schwerpunkt des Natriumlichts mit der Helligkeit der Natriumflamme variirt, so wurden Versuche mit der Arons-Lummer'schen Quecksilberlampe angestellt, wie sich in dieser Hinsicht bei spektraler Zerlegung die helle gelbgrüne Linie 546,1 $\mu\mu$ verhält. Mit Hülfe des Polarisationsapparats ergab sich, dass dieselbe keine merkliche Verschiebung ihres optischen Schwerpunkts erfährt, wenn die Stromstärke zwischen 5 und 15 *Amp.* verändert wird. Es soll daher, sobald man die Wellenlänge der mit der Quecksilberlampe erzeugten gelbgrünen Linie genügend genau bestimmt und sich vergewissert hat, inwieweit ihr optischer Schwerpunkt durch die in ihrer unmittelbaren Nähe liegenden dunkleren Linien beeinflusst wird, die spezifische Drehung des Zuckers auch für Quecksilberlicht ermittelt werden, einerseits um eine Kontrole für das veränderliche Natriumlicht zu besitzen, andererseits um zugleich einen absoluten Werth für die spezifische Drehung des Zuckers zu erhalten.

Brennweiten-Bestimmungen[1].

Bei den im vorigen Bericht erwähnten Versuchen, welche den Zweck hatten, die Aenderung der Brennweite eines Objektivs mit der Temperatur festzustellen, hat sich ergeben, dass der Temperaturkoëffizient des benutzten Objektivs nahezu ebenso gross wie der des vertikalen Messingmaassstabes ist. Das Objektiv hatte eine Brennweite von etwa 2403 *mm*, und es wurde mit einer Temperaturdifferenz von 35° C. die Vergrösserung in zwei verschiedenen Ebenen bestimmt, welche um 83 *cm* des vertikalen Maassstabes von einander entfernt waren. Die gemessenen Vergrösserungen erwiesen sich als unabhängig von der Temperatur. Da sich nun die Entfernung der Ebenen beim Uebergang von der niedrigen Temperatur zur höheren gemäss der Ausdehnung des vertikalen Maassstabes um etwa $^{6}/_{10000}$

[1]) Lummer, Brodhun.

ändert, so folgt, dass sich auch die Brennweite des Objektivs um ebenso viel geändert hat. Die Genauigkeit der Brennweitenbestimmung beträgt, abgesehen von konstanten Fehlern, welche für diese relative Bestimmung nicht in Betracht kommen, etwa $^1/_{10000}$. Die gefundene Aenderung der Brennweite liegt also ausserhalb der Beobachtungsfehler.

Man ist jetzt damit beschäftigt, die absolute Brennweite des Objektivs unter Berücksichtigung aller Fehlerquellen möglichst genau für verschiedene Zonen zu ermitteln.

V. Chemische Arbeiten.

Stahluntersuchungen[1]).

Die *Versuche über den Stahl* konnten nur wenig gefördert werden; die Extraktion des *gehärteten Stahls* mit Hülfe verdünnter Schwefelsäure führt nicht immer zur Isolirung der harten Karbide; es bleiben neben diesen leicht unangegriffene Theile der ursprünglichen Masse übrig, und das Eindringen der Säure geht um so langsamer vor sich, je vollkommener die „Härtung" ist.

Inzwischen ist die Existenz des *Eisenkarbids* Fe_3C allgemein anerkannt worden; auch Moissan hat dasselbe nachträglich in krystallisirter Form hergestellt; die Rolle, welche es bei der Härtung des Stahls spielt, ist von Osmond in lichtvoller Weise besprochen worden. Die weiteren Versuche der Reichsanstalt würden an die von ihm erläuterten Thatsachen anknüpfen müssen.

Prüfung von Platin, Palladium, Iridium, Rhodium[2]).

Das *Platin* ist seit den 1892 in der Reichsanstalt ausgeführten Untersuchungen im Zustande der Reinheit aus dem deutschen Handel zu beziehen. Hinsichtlich der übrigen Platinmetalle war dies bisher nicht der Fall.

Die Firma Heraeus in Hanau hat jetzt für einen bestimmten Zweck gegossene Stäbe von gereinigtem *Platin*, *Palladium*, *Iridium* und *Rhodium* hergestellt, deren Material in der Reichsanstalt sorgfältig untersucht worden ist. Da die Platinmetalle in *kompakter Form* schwer aufschliessbar sind, so war die Analyse mühevoll und zeitraubend.

Das *Platin* erwies sich als rein; das *Palladium* und das *Iridium* enthielten kaum 0,2 % Verunreinigungen; das *Rhodium* jedoch enthielt noch etwa 1,5 % Iridium und ein wenig Ruthenium. Man wird darauf rechnen dürfen, dass künftighin alle 6 Platinmetalle im Zustande grosser Reinheit zugänglich sein werden.

Versuche über die Löslichkeit der Salze.

A.[3]) Die fortgeführten *Versuche über die Löslichkeit* bezogen sich meist auf leichtlösliche Metallsalze, welche in der Form bestimmter Hydrate auftreten. Sind deren mehrere vorhanden, so wurde die Frage beantwortet, welches von diesen bei 18° C. das stabile ist. Nach dieser Richtung sind mannigfache Versuche ausgeführt worden, über welche bereits eine gedruckte Mittheilung vorliegt (Anh. Nr. 30 und 31).

B.[4]) Ein weiterer Gesichtspunkt für ausgedehnte Versuche war die *Vergleichung der Löslichkeiten analog zusammengesetzter Salze* innerhalb grösserer Temperaturintervalle. In diesem Sinne wurden die *Halogenverbindungen des Zinks und Cadmiums* sowohl im hydratischen als im anhydrischen Zustande von — 10° bis + 100° untersucht; die einzelnen Formen der Salze waren zum Theil noch unbekannt. Die Uebergänge sind meist durch scharfe Knicke der Kurven ausgezeichnet, und man kann sagen, dass die vergleichbaren Kurvenstücke einen analogen Verlauf zeigen.

C.[5]) Eine ähnliche Spezialuntersuchung betrifft die *Nitrate der Schwermetalle*, welche der Mehrzahl nach bei 18° als Hydrate mit 6 Mol. Wasser auftreten; sie zeigen einen bestimmten Schmelzpunkt, welcher den Uebergang in die noch nicht beobachteten Modifikationen mit 4 Mol. Wasser einleitet. Auch hier ist, namentlich bei den Nitraten der Zink-Eisengruppe, im Verlaufe der Löslichkeitskurven eine deutliche Analogie unverkennbar; das Kupfernitrat zeigt jedoch ein abweichendes Verhalten. Vermuthlich bestehen bei sehr niedriger Temperatur noch wasserreichere Hydrate, welche näher zu untersuchen sind.

---

[1]) Mylius, von Wrochem.
[2]) Mylius.
[3]) Mylius, Funk.
[4]) Dietz.
[5]) Funk.

D.[1]) Eine sorgfältige Untersuchung wurde über das *Calciumchromat* ausgeführt, dessen zahlreiche Formen bisher nur mangelhaft bekannt waren. Leicht zugänglich sind die Modifikationen $CaCrO_4$ mit 4, 2 und 1 Mol. H_2O und das Anhydrid, während zwischen dem letzteren und dem Monohydrat noch definirbare Mittelstufen existiren. Die Verfolgung der Löslichkeit dieser verschiedenen Substanzen zeigt sonderbare Erscheinungen, deren Deutung einen Fortschritt in der Kenntniss der Chromate und der mit ihnen isomorphen Sulfate verspricht.

Von diesen Untersuchungen sind C. und D. noch nicht abgeschlossen.

Bestimmung der spezifischen Gewichte von Natronlauge[2]).

Das bei 18° C. stabile *Hydrat des Natrons* enthält 1 Mol. Wasser. Im Anschluss an Beobachtungen über seine Löslichkeit ist die Bestimmung der spezifischen Gewichte der Lösungen eingeleitet worden.

Die Bestimmungen mit Kali bleiben vorbehalten.

Kleinere, rein technische Arbeiten.

Kleinere Arbeiten betrafen die Untersuchung von Salzen, die Veraschung von Zucker, die Vergleichung von Thermometerglas verschiedenen Ursprungs, Analysen von Kobalt, Kupferlegirungen, Nickelstahl u. s. w.

***VI. Arbeiten der Werkstatt*[3]).**

Mechanische Arbeiten.

An grösseren Arbeiten wurden ausgeführt

6 Fernrohrstative,
1 Schalteinrichtung für den Belastungswiderstand im elektrischen Maschinensaal,
10 Marmorschalttafeln,
3 Vorschaltwiderstandskästen,
6 Quecksilberumschalter,
1 Kommutator,
52 Stäbe und Blechstreifen sowie
5 Ellipsoïde, welche aus verschiedenen zur magnetischen Prüfung eingesandten Stahl- und Eisensorten in der Werkstatt auf die für die Untersuchung erforderlichen genauen Abmessungen gebracht wurden,
16 Thermometergestelle,
1 Siedeapparat,
2 Zentrifugalpumpen,
1 Platinglühapparat.

Beglaubigungs-Stempelungen u. s. w.

Mit Beglaubigungsstempel wurden versehen

51 Stimmgabeln,
59 Bolzen und Gewinde,
102 Hefnerlampen,
52 oben erwähnte Stahl- und Eisenstäbe und Blechstreifen.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
(gez.) Kohlrausch.

Anhang.

Veröffentlichungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in der Zeit vom 1. Februar 1897 bis 31. Januar 1898.

Abtheilung I.

A. Amtliche Veröffentlichungen.

1. Gumlich und Scheel, Vergleichung zwischen Stab- und Einschlussthermometern aus gleichen Glassorten. *Diese Zeitschr. 17. S. 353. 1897.*
2. Gumlich, Ueber die Herstellung von Arons'schen Bogenlampen mit Amalgamfüllung. *Diese Zeitschr. 17. S. 161. 1897; Wied. Ann. 61. S. 401. 1897.*

---

[1]) Mylius.
[2]) Dietz.
[3]) Franc von Liechtenstein.

3. Derselbe, Rotationsdispersion und Temperaturkoëffizient des Quarzes. *Wied. Ann.* **64.** *S. 333. 1898.*
4. Jaeger, Notiz über die Herstellung des Cadmium-Normalelements. *Elektrotechn. Zeitschr.* **18.** *S. 647. 1897.*
5. Derselbe, Umwandlung des Zinksulfats beim Clark-Element. *Wied. Ann.* **63.** *S. 354. 1897.*
6. Jaeger und Kahle, Die Grundlagen der elektrischen Widerstandseinheit für die Physikalisch-Technische Reichsanstalt. *Wied. Ann.* **64.** *S. 456. 1898.*
7. Holborn, Die Magnetisirung von Stahl in schwachen Feldern. *Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 1897; Wied. Ann.* **61.** *S. 281. 1897.*
8. Lummer, Ueber Grauglut und Rothgluth. *Verh. d. Phys. Ges. 1897. S. 121; Wied. Ann.* **62.** *S. 14. 1897.*
9. Derselbe, Beiträge zur photographischen Optik. *Diese Zeitschr.* **17.** *S. 208. 1897.*
10. Kurlbaum, Ueber eine bolometrische Versuchsanordnung für Strahlungen zwischen Körpern von sehr kleiner Temperaturdifferenz und eine Bestimmung der Absorption langer Wellen in Kohlensäure. *Wied. Ann.* **61.** *S. 417. 1897.*
11. Lummer und Pringsheim, Ueber die Strahlung des „schwarzen" Körpers zwischen 100° und 1300° C. *Wied. Ann. Jubelband S. 395. 1897.*
12. Dieselben, Bestimmung des Verhältnisses $\varkappa$ der spezifischen Wärmen einiger Gase. *Wied. Ann.* **64.** *S. 555. 1898.*

B. Private Veröffentlichungen unter Benutzung von amtlichem Material.

13. Kohlrausch, Statistik der Löslichkeit einer Gruppe von Salzen im Wasser bei mittlerer Temperatur. *Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 1897. S. 90.*
14. Kahle, Bemerkungen zu einer Arbeit der Hrn. Callendar und Barnes über Clark-Elemente. *Wied. Ann.* **64.** *S. 92. 1898.*

C. Sonstige private Veröffentlichungen.

15. Kohlrausch, Ueber sehr rasche Schwankungen des Erdmagnetismus. *Wied. Ann.* **60.** *S. 336. 1897.*
16. Derselbe, Ueber Konzentrations-Verschiebungen durch Elektrolyse im Innern von Lösungen und Lösungsgemischen. *Wied. Ann.* **62.** *S. 209. 1897.*
17. Derselbe, Erscheinungen bei der Elektrolyse des Platinchlorids. *Wied. Ann.* **63.** *S. 423. 1897.*
18. Thiesen, Bemerkungen über die Verdampfungswärme. *Verh. der Phys. Ges. 1897. S. 81.*
19. Derselbe, Bemerkung über die Spannungskurve. *Zeitschr. f. kompr. u. fl. Gase 1897. Nr. 24.*
20. Derselbe, Wann werden Gase flüssig? *Zeitschr. f. kompr. u. fl. Gase Nr. 5.*
21. Derselbe, Bemerkung zur Zustandsgleichung. *Wied. Ann.* **63.** *S. 329. 1897.*
22. Lummer, 2. Bd. 3. Lieferung, S. 609 bis 1192 von Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik (bearb. von Leop. Pfaundler unter Mitwirkung von Lummer.) Verlag von Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1897.
23. Derselbe, Licht und Leuchten (Vortrag). *Polytechn. Centr.-Bl.* **58.** *1897.*
24. Scheel, Ueber die Benutzung der Quecksilberthermometer zu exakten Temperaturmessungen. *Vbl. d. deutsch. Ges. f. Mech. u. Opt. 1897. S. 91; Zeitschr. f. kompr. u. fl. Gase.* **1.** *S. 97. 1897.*
25. Derselbe, Tafeln für die Ausdehnung des Wassers mit der Temperatur. *Diese Zeitschr.* **17.** *S. 331. 1897.*
26. Derselbe, Ueber Fernthermometer. *Zeitschr. f. Heizgs-, Lüftgs- u. Wasserl.-Techn.* **2.** *S. 76. 1897.*

Abtheilung II.

A. Amtliche Veröffentlichungen.

27. Goepel, Ueber die Verwendung von Karborundum-Krystallen zur Herstellung feiner Theilstriche. *Vbl. d. deutsch. Ges. f. Mech. u. Opt. 1897. S. 73.*
28. Ebeling und Schmidt, Ueber die magnetischen Eigenschaften der neueren Eisensorten und den Steinmetz'schen Koëffizienten der magnetischen Hysteresis. *Elektrotechn. Zeitschr.* **19.** *S. 276. 1897;* vgl. auch *Stahl und Eisen* **17.** *S. 444. 1897.*
29. Orlich, Untersuchung über den Köpsel'schen Apparat zur Bestimmung der magnetischen Eigenschaften des Eisens. *Diese Zeitschr.* **18.** *S. 39. 1898.*
30. Mylius und Funk, Ueber die Hydrate des Cadmiumsulfates. *Ber. d. deutsch. Chem. Ges.* **30.** *S. 824. 1897.*
31. Dieselben, Ueber die Löslichkeit einiger leicht löslicher Salze im Wasser bei 18°. *Ber. d. deutsch. Chem. Ges.* **30.** *S. 1716. 1897.*

B. Private Veröffentlichungen unter Benutzung von amtlichem Material.

32. Feussner, Die Ziele der elektrotechnischen Arbeiten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. *Samml. elektrot. Vortr.* **1.** *3. Heft.* Hrsg. v. E. Voit. Stuttgart, F. Enke.
33. Wiebe, Apparate zur Messung höherer Drucke. *Zeitschr. f. kompr. u. fl. Gase 1897. Nr. 1, 2, 5, 6.*
34. Grützmacher, Untersuchungen und Verbesserungen Fuess'scher Siedeapparate zum Höhenmessen. *Diese Zeitschr.* **17.** *S. 193. 1897.*
35. Hebe, Apparat zur Prüfung von Aneroïden. *Zeitschr. f. Verm. 1897. Heft 12.*
36. Hebeler, Ueber die Explosions- und Feuergefährlichkeit des Petroleums. *Polyt. Centr.-Bl. 1897. Nr. 8.*

C. Sonstige private Veröffentlichungen.

37. Goepel, Die Feinmechanik auf der sächsisch-thüringischen Industrie- und Gewerbeausstellung zu Leipzig 1897. *Vbl. d. deutsch. Ges. f. Mech. u. Opt. 1897. S. 129.*
38. Derselbe, Ueber Längenmessungen in der Werkstatt, vom Standpunkte der Prüfungsthätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Vortrag, gehalten auf dem VIII. Deutschen Mechanikertage am 18. September 1897. *Vbl. d. deutsch. Ges. f. Mech. u. Opt. 1897. S. 145.*
39. Schönrock, Apparate und Methoden zur Bestimmung der spezifischen Drehung. *Landolt, Optisches Drehungsvermögen, S. 274 bis 418.*

Referate.

Zusammenstellung, Erläuterung und kritische Beurtheilung der wichtigsten Seismometer mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Verwendbarkeit.

Von R. Ehlert. *Beiträge z. Geophysik* **3.** *S. 350. 1897.*

Das dreifache Horizontalpendel.

Von R. Ehlert. *Ebenda* **3.** *S. 481. 1897.*

Bei dem erhöhten Interesse, welches man jetzt der geophysikalischen Forschung im Allgemeinen, wie auch besonders dem Studium der seismischen Verhältnisse entgegenbringt, kann die erste der genannten Arbeiten, eine eingehende, durch viele Abbildungen erläuterte Beschreibung und kritische Besprechung seismischer Apparate, einer wohlwollenden Aufnahme gewiss sein. Die Zusammenstellung darf wohl als eine annähernd erschöpfende be-

zeichnet werden. Sie umfasst nicht nur die noch im Gebrauch befindlichen, sondern auch die früher benutzten Apparate.

Die Arbeit gliedert sich in vier Abtheilungen und zwar 1. Instrumente zur Messung der Horizontalkomponente der Bewegung und zwar Pendelinstrumente mit vertikalem und horizontalem Pendel, rollende Körper und hydrostatische Apparate, 2. Instrumente zur Messung der Vertikalkomponente der Bewegung und zwar Federinstrumente, hydrostatische und andere Instrumente, 3. Universalapparate und besondere Einrichtungen, 4. Seismoskope, Methoden der Zeitbestimmung und Registrirapparate.

Bei den Pendelapparaten mit vertikalem Pendel, die hauptsächlich in Italien vertreten sind, sei besonders auf die Beschreibung des Vicentini'schen Mikroseismographen hingewiesen, der wohl als das wichtigste Instrument dieser Gattung betrachtet werden darf.

In dem Kapitel „Horizontalpendel" giebt der Verfasser ausser den früheren Konstruktionen noch eine neue, die von ihm selbst herrührt, an; über den Gebrauch und die Behandlung dieses Instrumentes, das im Prinzip mit dem v. Rebeur'schen Pendel übereinstimmt, giebt die zweite Arbeit nähere Auskunft. Es unterscheidet sich von den früheren, für feinere Beobachtungen bestimmten hauptsächlich durch die grössere Masse des Pendels (etwa 200 *g* gegen 42 *g* bei den alten von Repsold gebauten und, wie Referent hinzufügen möchte, gegen 100 *g* bei den von Stückrath stammenden Instrumenten dieser Art), dann auch durch den geringeren Abstand des Schwerpunktes von der Achse (statt 100 *mm* ungefähr 62 *mm*). Durch die Anwendung von 3 Pendeln hofft der Verfasser die Richtungsangaben von Erdbeben mit Eindeutigkeit erhalten zu können, was bei 2 Pendeln nicht möglich ist.

Die Apparate der folgenden Gruppen haben besonders für Erdbebenländer Interesse.

Eine am Schluss folgende Tabelle giebt bei jedem Apparate ausser seinen Vorzügen und seinen Fehlern noch Bemerkungen über unterscheidende Merkmale, Registrirmethode, Erfinder u. s. w., die sehr zur leichteren Uebersicht beitragen. *Hck.*

Gyroskopischer Horizont im luftleeren Raume von Fleuriais.

Von E. Caspari. *Journ. de phys.* **6.** *S. 229. 1897.*

Die Aufgabe, den Seemann bei den für die Ortsbestimmung nothwendigen astronomischen Beobachtungen unabhängig von der Sichtbarkeit des Meeresspiegels zu machen, scheint so ziemlich gelöst zu sein. Der *Horizon gyroscopique* von Fleuriais kann an jedem Sextanten angebracht werden und besteht im Wesentlichen aus einem hinter dem kleinen Spiegel aufgestellten Rotationskörper, der mit grösster Leichtigkeit um einen nahe beim Schwerpunkte und über diesem gelegenen Punkt seiner Achse pendeln und wie ein Kreisel rotiren kann. Auf dem Kreisel befindet sich der Kollimator, bestehend aus zwei an den Endpunkten eines Halbmessers angebrachten vollständig identischen plankonvexen Linsen von gleicher Brennweite. Auf ihrer Planseite und in der Höhe ihres optischen Zentrums trägt jede Linse eine sehr feine schwarze Linie — die Marke — eingravirt, welche sich genau im Brennpunkte der gegenüberliegenden Linse befindet. Die Lichtstrahlen, welche von jeder Marke ausgehen, bilden beim Austreten aus der gegenüberliegenden Linse (wegen der gegenseitigen Lage der Brennpunkte) ein paralleles Bündel und treten so in das Sextantenfernrohr ein, wodurch Bild der Marke und des (unendlich weiten) Gestirns gleich deutlich sichtbar werden. Geräth nun der Rotationskörper in Drehung, so wird bei jeder halben Rotation das eine Lichtbündel vom Fernrohr aufgenommen und im Gesichtsfelde das Bild einer intermittirenden schwarzen Linie erzeugen, die, wegen der raschen Drehung und der Kontinuität des Eindruckes auf die Netzhaut zu einer konstanten Linie wird. Steht die imaginäre Linie, welche die Marken verbindet, senkrecht auf der Rotationsachse, so decken sich die von beiden Linsen gelieferten Bilder; ist das nicht der Fall, so entstehen zwei Linien, aber die Mitte des Intervalles der Doppellinie *ist immer die Spur der auf der Rotationsachse senkrecht stehenden Ebene, welche durch das optische Zentrum des Fernrohrobjektives geht.* Diese Spur, welche das ideale Mittel der reellen Linien vorstellt, wird in dem Falle, dass die Achse des Gyroskops vertikal steht, den scheinbaren Horizont darstellen, mit welchem das

reflektirte Bild des beobachteten Gestirns in Berührung gebracht (über welchen die Höhe beobachtet) werden kann. Steht die Rotationsachse nicht genau senkrecht auf dem Aequator des Rotationskörpers, so kann der Theorie des Kreisels zufolge wenigstens die Regelmässigkeit der konischen Bewegung der Achse um die Vertikale vorausgesetzt werden. Beim Beobachten wird man dann sehen, dass die Marke sich im Gesichtsfelde des Fernrohres auf und ab verschiebt, indem sie sich gleichzeitig in dem einen oder dem anderen Sinne ein wenig neigt. An jedem Ende ihrer Bewegung tritt Verzögerung, dann Stillstand in der Verschiebung der Marke ein. In diesem Momente wird dieselbe horizontal, die beiden Lagen des Stillstandes werden aber symmetrisch zur Spur des idealen wirklichen Horizontes liegen. Wenn daher der Beobachter durch Drehung der Mikrometerschraube das Bild des Gestirnes in fortwährender Berührung mit der Marke erhält und darauf achtet, dass die Marke mit dem Faden des Fernrohres stets parallel bleibt, so werden die Momente der grössten Abweichungen deutlich hervortreten, indem in diesen Momenten die Drehungsrichtungen der Mikrometerschraube verkehrt werden. Man braucht dann nur das Mittel der äussersten Ablesungen zu bilden. Selbstverständlich können letztere nicht direkt am Limbus erfolgen, sondern man muss die Mikrometerschraube mit einer deutlich sichtbaren Trommeltheilung versehen.

Besser ist es, drei Beobachtungen auszuführen, nämlich zwei Maxima und das zwischenliegende Minimum, oder umgekehrt. Sind $t_1\, t_2\, t_3$ die den Ablesungen an der Mikrometertrommel $l_1\, l_2\, l_3$ entsprechenden Zeiten, so ist $\frac{t_1 + 2\,t_2 + t_3}{4}$ die Zeit, welche der mittleren Ablesung $\frac{l_1 + 2\,l_2 + l_3}{4}$ entspricht.

Bildet die Marke nicht genau die Spur der durch den Mittelpunkt des Objektives senkrecht auf der Achse des Gyroskops stehenden Ebene, sind mit anderen Worten die Marken auf den Linsen nicht genau in der Höhe des optischen Zentrums eingravirt, so entsteht ein Kollimationsfehler, der selbstverständlich für ein und dasselbe Instrument konstant ist und den man ein für allemal bestimmen kann.

Es wäre nun nöthig, dass das neue Instrument von den Seeleuten praktisch erprobt würde, um festzustellen, ob sich der praktischen Handhabung desselben keine Hindernisse im Wege stellen. Offiziere der französischen Kriegsmarine behaupten, mit demselben sehr gute Resultate erhalten zu haben. Referent hat versucht, dem Instrumente auch in der österreichischen Handelsmarine eine gewisse probeweise Einführung zu verschaffen, was ihm jedoch wegen des ausserordentlich hohen Preises des Apparates durchaus nicht gelingen will. *E. G.*

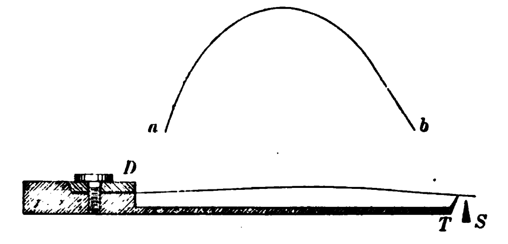
Aenderung an der Sprengel'schen Pumpe.

Von G. Guglielmo. *Rend. Accad. dei Linc. (5)* **6.** *S. 324. 1897.*

Die Abänderung besteht darin, dass das Quecksilber zur Pumpe durch einen seitlich oder oben mündenden Heber zugeführt wird, welcher ins Quecksilberreservoir hineinragt und dort kurz nach oben umgebogen ist. Das letzte Ende des Hebers ist kapillar gehalten und kann durch einen Stempel verschlossen werden. *Schl.*

Abänderung am Kontakte des Laufgewichtsbarographen.

Von A. Sprung. *Meteorol. Zeitschr.* **15.** *S. 113. 1898.*



Es wird empfohlen, statt der gewöhnlich benutzten Platindrähte, die schwer zu behandeln sind, ein dünnes Platinblech (0,03 *g* pro *qcm*) zu verwenden. Das Platinblech (8 × 52 *mm*) wird zunächst gerichtet, d. h. durch Streichen mittels eines Papiermessers auf weicher Unterlage in die in der Figur angedeutete bogenförmige Gestalt gebracht. Dabei ist das Ende *b* absichtlich gerade gehalten, damit das frei über *T* hinausragende Stückchen des Streifens nach der Befestigung des letztern einigermaassen horizontal liegt.

Beim Einsetzen empfiehlt der Verf., sich nicht der Pincette, sondern wieder des Papiermessers zu bedienen. Dabei schadet eine etwas schräge Lage des Endes *b* nicht, vielmehr scheint sie innerhalb geringer Grenzen dem Zustandekommen des elektrischen Kontaktes geradezu förderlich zu sein, weil dann ein geringes Schleifen bei der Berührung erfolgt und dadurch die Kontaktstellen sauber gehalten werden.

Das Platinblech verträgt übrigens, wenn der erste Versuch misslingt, eine öftere Behandlung und dürfte, wenn die Silberleiste *S* gut gehalten wird, mindestens ein halbes Jahr zufriedenstellend arbeiten. *Schl.*

Einfacher Wasserzirkulationsapparat zum Konstanthalten von Temperaturen.

Von H. P. Cady. *Journ. of phys. chemistry* **2.** *S. 242. 1898.*

Die zum Hervorbringen einer Wasserzirkulation von konstanter Temperatur gebrauchten Apparate sind meist recht komplizirt; der vom Verf. angegebene, der in vielen Fällen genügen dürfte, zeichnet sich dagegen durch besondere Einfachheit aus. Ein grosses Wassergefäss, das mit einer von Hand oder automatisch zu regulirenden Flamme erwärmt wird, steht mit einem kleineren Gefäss durch zwei Heber in Verbindung. Der eine derselben mündet im grossen Gefäss im oberen Theil eines grossen Glastrichters, der bis zur Flüssigkeitsoberfläche eingesenkt ist; im Trichterrohr steckt ein Stab, mittels dessen, etwa durch einen Schnurlauf und kleinen Elektromotor, der ganze Trichter in Rotation versetzt werden kann. Befindet sich der Trichter in Ruhe, so haben die Flüssigkeiten in beiden Gefässen gleiches Niveau und es findet keine Zirkulation statt; rotirt dagegen der Trichter, so sinkt in Folge der Zentrifugalkraft das Niveau in der Mitte desselben unter dasjenige des kleinen Gefässes, es tritt also Wasser durch den Heber aus dem kleinen Gefäss in den Trichter und von da in das grosse Gefäss, wo umgekehrt wieder das Niveau steigt, sodass nunmehr durch den zweiten Heber Wasser in das kleine Gefäss zurückfliesst. Die Zirkulationsgeschwindigkeit der Flüssigkeit hängt natürlich von der Rotationsgeschwindigkeit des Trichters ab, der gleichzeitig die Mischung der Flüssigkeit im grossen Gefäss besorgt, sodass ein besonderes Rührwerk überflüssig ist. *Glch.*

Neue Methode zur Messung der Stärke magnetischer Felder.

Von E. Bouty. *L'Électricien* **15.** *S. 85. 1898; Compt. rend.* **126.** *S. 238. 1898.*

Man denke sich einen Wasserstrom von rechteckigem Querschnitt senkrecht zur Richtung der Kraftlinien des zu messenden Feldes fliessend. Die Geschwindigkeit des fliessenden Wassers sei im ganzen Querschnitt dieselbe und werde mit v bezeichnet. Der rechteckige Querschnitt habe die Seiten e und l; dabei sei e parallel den Kraftlinien, l senkrecht dazu. Alsdann haben in einem Querschnitt die beiden Seiten e eine Potentialdifferenz vom Betrage

$$E = \mathfrak{H}\, v\, l,$$

wo $\mathfrak{H}$ die Intensität des zu messenden Feldes ist. Andererseits ist die in der Zeiteinheit ausgeflossene Wassermenge

$$D = v\, e\, l,$$

folglich

$$\mathfrak{H} = \frac{E\, e}{D}.$$

Bouty benutzte zu seinen Versuchen eine rechteckige Röhre aus Ebonit; zwei Kupferelektroden 1 *cm* lang und von der Breite der Röhre bedecken zwei gegenüberliegende Stellen der Wände. Die auftretende Potentialdifferenz wurde durch ein Kapillarelektrometer gemessen. Zunächst liess Bouty Kupfersulfatlösungen von verschiedener Konzentration durch die Röhre fliessen. Wie es die Theorie verlangt, zeigte sich, dass die auftretende elektromotorische Kraft von der Natur der durchfliessenden Substanz unabhängig ist. Alsdann liess er Wasser mit verschiedenen Geschwindigkeiten von 0,5 bis 17 *m/Sek.* durch das Rohr fliessen. Auch hier bestätigte sich die Formel vollständig. Will man nur relative Messungen der Feld-

stärken vornehmen, so braucht man e gar nicht zu kennen, ebensowenig wie D, wenn man nur die Geschwindigkeit konstant hält. Für diesen Fall kann man offenbar Röhren von beliebigem Querschnitt nehmen. Für die absoluten Messungen muss man die Elektroden in genügender Entfernung vom Einflussende befestigen, um sicher zu sein, dass die Geschwindigkeit gleichmässig geworden ist. Ausserdem hat man eine Korrektion an e anzubringen, weil die Geschwindigkeit an den Wänden geringer ist als in der Mitte der Röhre. Mit einer derartigen Normalröhre, die genau untersucht ist, kann man Röhren von beliebigem Querschnitt aichen. Bouty stellt mehrere Anwendungen seiner Methode in Aussicht.

E. O.

Neu erschienene Bücher.

Handbuch der Vermessungskunde. Von W. Jordan. Zweiter Band: Feld- und Landmessung. Fünfte Auflage. 785 und [47] S. mit 635 Zeichnungen im Text. Stuttgart, J. B. Metzler. 1897. 16,20 M.

Ein Beweis für die Vortrefflichkeit des Jordan'schen „Handbuches der Vermessungskunde“ ist es, dass der rührige Verfasser der erst vor 4 Jahren erschienenen vierten Auflage bereits jetzt eine fünfte hat folgen lassen. In dem zunächst erschienenen zweiten Bande „Feld- und Landmessung“ sind die Fortschritte der geodätischen Wissenschaft und Praxis, sowohl in Bezug auf die Instrumente, wie auf Theorie und Praxis der Beobachtungen und ihrer Verarbeitung, wiederum auf das Sorgfältigste berücksichtigt worden, wie der Leser aus der nachfolgenden kurzen Inhaltsangabe ersehen mag. Der vorliegende Band wird mit einem kurzen Abriss der Fehlertheorie und der Ausgleichungsrechnung mit einer Unbekannten eingeleitet. Die nächsten fünf Kapitel geben die Theorie der bei den geodätischen Feldarbeiten gebräuchlichen Instrumente, ihre Prüfung, Berichtigung und Verwendung. Nachdem die einfachsten Aufgaben des Feldmessens, das Abstecken und Messen gerader Linien und die dazu benutzten Instrumente: Kreuzscheibe, Winkeltrommel, Winkelkreuz, Winkelspiegel und Winkelprismen verschiedener Konstruktionen, sowie Messlatten und Messbänder vorgeführt sind, wird zur Flächenbestimmung und Flächentheilung geschritten. Im Anschluss hieran werden die Hülfsmittel für die Berechnung der Flächen, das Amsler'sche Polarplanimeter, das Rollplanimeter von Coradi und das neue, sehr einfache Prytz'sche Stangenplanimeter besprochen und ein interessanter Ueberblick über ältere und neuere Rechenmaschinen gegeben. Seiner Bedeutung in der Geodäsie entsprechend, findet der Theodolit nach vorbereitenden Bemerkungen über die Libellen und Fernrohre im VI. Kapitel eine ausführliche Besprechung. Das VII. Kapitel giebt die Grundformeln der Koordinatenrechnung, an die sich die Transformation eines Koordinatensystems schliesst. Diesem Kapitel ist auch eine Karte beigegeben, welche die 40 Koordinatensysteme der preussischen Katasterverwaltung darstellt. Die Kapitel VIII und IX wenden sich zu den Aufgaben der geodätischen Praxis, zu der Triangulirung und zu den Polygonzügen. Nachdem die Festlegung der Dreieckspunkte, der Bau der Signale und die Aufstellung des Theodoliten beschrieben ist, wird die Ausführung von Winkelmessungen für Dreiecke niederer Ordnung, von der II. bis zur IV. Ordnung, behandelt, woran sich eine Reihe von Zentrirungsaufgaben schliesst. Die für den praktischen Geodäten wichtigen Aufgaben des Vorwärts- und Rückwärts-Einschneidens werden ausführlich an Beispielen erörtert, wobei auch die Formulare aus der Anweisung IX der Katasterverwaltung, die dem preussischen Landmesser vorgeschrieben ist, mitgetheilt werden. Die Ausgleichung überschüssiger Messungen für die Punktbestimmung, die nach der Methode der kleinsten Quadrate bereits im I. Bande erledigt wurde, ist hier mittels fehlerzeigender Figuren ausgeführt. Am Schlusse des Kapitels findet man bemerkenswerthe Anleitungen zu Stadtvermessungen. Nächst der Triangulirung bilden die Polygonzüge das wichtigste Mittel für Klein-Vermessungen; sie werden in der Regel angeordnet, um trigonometrische Punkte zu verbinden. Zu den Polygonzugrechnungen ist eine ausführliche Fehlertheorie mit Hinweisungen auf die Anweisung IX gegeben. Die drei folgenden Kapitel han-

deln von der Höhenmessung. Gegen die frühere Auflage ist das Kapitel über Nivellements besonders durch Untersuchungen von Reinhertz und Kummer, wie sich der Gesammtfehler eines Nivellements aus einer Reihe einzelner Fehlerquellen zusammensetzt, vermehrt worden. Bei der trigonometrischen Höhenmessung verdient die einfache und schöne Refraktionstheorie des Verfassers hervorgehoben zu werden. Durch grosse Reichhaltigkeit zeichnet sich das Kapitel über barometrische Höhenmessung aus. Hier findet man unter anderem auch den Apparat von Fuess zur Aneroïd-Prüfung, wie ihn die Physikalisch-Technische Reichsanstalt benutzt, mitgetheilt. In dem nun folgenden Kapitel XIII werden, nachdem die Theorie gegeben, eine Reihe älterer und neuerer Distanzmesser besprochen; am Schlusse sind Mittheilungen über den Abbe'schen stereoskopischen Distanzmesser, ausgeführt von C. Zeiss, gemacht. Die sich hier anschliessende Tachymetrie giebt die Beschreibung einer Anzahl Tachymeter-Theodolite nebst den dazugehörigen Distanzlatten, die Theorie von Distanzmesser-Fernrohren und Anleitungen zu Aufnahmen mit dem Kompass. Nachdem noch kurz die Konstruktion, Prüfung und Anwendung von Messtisch und Kippregel beschrieben ist, bringt das XVI. Kapitel eine Anwendung des bisher Vorgetragenen auf die technischen Aufgaben, die sich bei den Eisenbahnvorarbeiten darbieten, wie z. B. das Abstecken von Uebergangskurven, die Bestimmung der Achse beim Tunnelbau u. s. w. Endlich wird noch ein kurzer und klarer Abriss der Photogrammetrie gegeben. Das Schlusskapitel, das XVIII., enthält eine Uebersicht der Kataster-Vermessungen und der topographischen Karten der Deutschen Staaten. Dem Ganzen sind als Anhang noch eine Reihe von Hülfstafeln zugefügt.

Die Doppelstellung des Buches, einerseits als Lehrbuch für Anfänger und Studirende, andererseits als Handbuch für Praktiker und fortgeschrittene Geodäten, ist wiederum gewahrt. Diejenigen Kapitel, welche der Studirende zunächst zu berücksichtigen hat, sind in der Einleitung bezeichnet. Das Werk muss den Fachgenossen auf das Wärmste empfohlen werden. *Kr.*

Jahrbuch, deutsches meteorologisches f. 1896. Beobachtungs-System der deutschen Seewarte. Ergebnisse der meteorolog. Beobachtgn., sowie stündl. Aufzeichgn. an 4 Normal-Beobachtungs-Stationen. Hrsg. v. d. Direktion der Seewarte. gr. 4°. VIII, 189 S. Hamburg, L. Friederichsen & Co. 13,00 M.

Ergebnisse der meteorolog. Beobachtungen im Systeme der deutschen Seewarte f. d. Dezennium 1886—95. Hrsg. v. d. Direktion der Seewarte. gr. 4°. IV, 10 S. Hamburg, L. Friederichsen & Co. 2,00 M.

Notiz.

Zu der von mir in *dieser Zeitschr.* ***18.*** *S. 116. 1898* aus der R. Fuess'schen Werkstätte gegebenen Mittheilung über eine „Neue Konstruktion des symmetrischen Doppelspaltes nach v. Vierordt" bemerkt die Firma A. Krüss in Hamburg im vorigen Heft, dass diese Konstruktion nicht neu sei, sondern schon im Jahre 1880 von ihr ausgeführt worden ist. Hierzu sei erwähnt, dass sich das „neu" mehr auf die Ausführungsform und die Gestalt des Spaltes und weniger auf die Art des Bewegungsmechanismus beziehen sollte. Es wäre deshalb vielleicht passender gewesen, die Ueberschrift: „Neue *Form* des symmetr. Doppelspaltes u. s. w." zu wählen. Als Vorzug des neuen Spaltes ist in meiner Mittheilung denn auch vorweg das beträchtlich geringere Gewicht desselben hervorgehoben. Der gewählte Bewegungsmechanismus der Schneiden, bei dem jede der beiden Spindeln mit einem Rechts- und einem Linksgewinde versehen ist, schien mir am ehesten der gestellten Forderung nach geringem Gewicht und geringer Dimension des Spaltes gerecht zu werden.

Das Funktioniren des Spaltes erwies sich mit erwähntem Bewegungsmechanismus als durchaus zuverlässig und exakt. *C. Leiss.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVIII. Jahrgang. **Juli 1898.** Siebentes Heft.

Ueber die Lichtvertheilung in der Brennebene photographischer Objektive mit besonderer Berücksichtigung der bei einfachen Landschaftslinsen und symmetrischen Konstruktionen auftretenden Unterschiede.

Von

Dr. **M. von Rohr** in Jena.

(Fortsetzung von S. 180.)

Geben wir nun die Beschränkung auf, die wir im Anfang der Arbeit machten, dass nur solche Hauptstrahlneigungen betrachtet werden sollten, bei denen der Rand des Objektivs noch nicht aperturbeschränkend wirke, so haben wir nun noch die Art und Weise näher zu betrachten, in welcher bei dieser Art der Abblendung die Apertur allmählich bis auf 0 abnimmt.

Betrachten wir zunächst die Einzellinse mit vorgestellter Blende, so lassen sich bei derselben die einschlägigen Verhältnisse leicht schematisch darstellen.

Der Meniskus L (Fig. 6) sei mit einer kreisförmigen Fassung versehen, die auf der der Blende abgekehrten Seite das Glas bis A' hin verdecke. Alsdann wird der

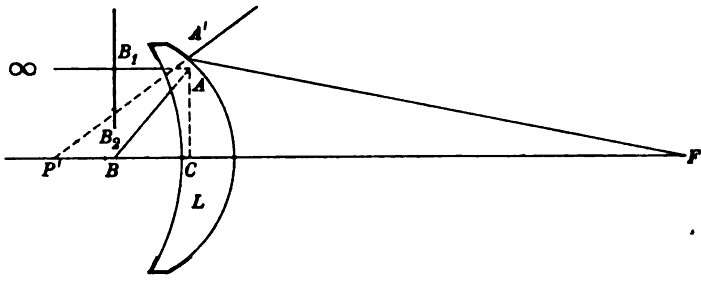


Fig. 6.

durch A' gehende, mit der Achse konzentrische Kreis als Blende wirken können und zwar sowohl für das achsenparallel auffallende Strahlenbündel, als auch für das vom Blendenmittelpunkt B ausstrahlende Hauptstrahlenbüschel. Unter der im Anfang gemachten Voraussetzung der Vernachlässigung der sphärischen Aberrationen würde sich das Problem unschwer auch auf dieser, der Bildseite, behandeln lassen. Da aber die Wichtigkeit der Hauptstrahlneigungen auf der Objektseite für die Landschaftsphotographie so stark betont wurde, so wird es sich auch jetzt empfehlen, das der Fassung A' auf der Objektseite entsprechende Fassungsbild A aufzusuchen. Es geschieht das in der Weise, dass man sowohl die Höhe BB_1 desjenigen achsenparallelen Strahles bestimmt, welcher gerade in A' austritt, als auch denjenigen Hauptstrahlwinkel $u_{max} = ABC$ aufsucht, für den der zugehörige Hauptstrahl $P'A'$

eben A' passirt. Schneiden sich nun die beiden Bildstrahlen $A'F'$ und $P'A'$ in A', so ist der diesem Punkte entsprechende Objektpunkt A im Schnittpunkte von ∞B_1 und BA zu suchen. Es mag hier darauf hingewiesen werden, dass bei einer menisken-förmigen Einzellinse die Austrittshöhe in A' thatsächlich grösser sein muss als die Einfallshöhe in B_1. Der durch A gehende mit der Achse konzentrische Kreis mit dem Radius AC begrenzt also das Gesichtsfeld nach der Objektseite hin.

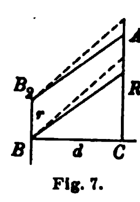


Fig. 7.

Zur genauen Bestimmung aller einschlägigen Verhältnisse — immer von Aberrationen abgesehen — ist nun weiter nichts nöthig, als Lage und Grösse der Aperturblende BB_2 und des Fassungsbildes CA zu kennen (Fig. 7). Dabei ist die Annahme selbstverständlich, dass die halbe Oeffnung $BB_2 = r$ der gerade wirksamen Aperturblende kleiner oder höchstens gleich sei dem Radius $CA = R$ des Fassungsbildes.

Da der äusserste von B_2 ausgehende Strahl, welcher das System noch passirt, infolge des Zusammenhanges zwischen A und A' B_2A sein muss, so ergeben sich für die drei Gebiete, welche mit grösstmöglicher, etwa halber und verschwindender Apertur abgebildet werden, bei dem Einzelobjektiv, wenn $BC = d$ gesetzt wird, die bekannten Formeln,

$$\operatorname{tg} w = \frac{R-r}{d}; \quad \operatorname{tg} W = \frac{R}{d}; \quad \operatorname{tg} \omega = \frac{R+r}{d},$$

wie sie von Hrn. S. Czapski[1]) mitgetheilt werden.

Die Lichtvertheilung auf der Mattscheibe für Hauptstrahlenwinkel

$$u \leqq w$$

ist schon im ersten Theile behandelt worden. Für Winkel u indessen, wo

$$w < u < \omega$$

gilt, wirkt die Gesichtsfeldblende aperturbeschränkend, indem von dem mit r beschriebenen Kreise durch den Kreis mit dem Radius R ein je nach der Neigung u grösseres oder geringeres Stück abgeschnitten wird. Es kommt also die E.-P. gar nicht mit ihrem ganzen Werthe $r^2\pi$ in Betracht, sondern mit einem kleineren, der in folgender Weise zu ermitteln ist.

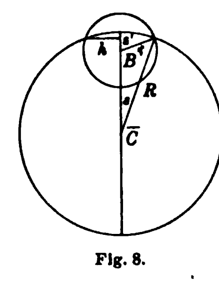


Fig. 8.

Projizirt man nämlich das Fassungsbild CA durch parallele, unter u geneigte Strahlen in die Ebene der E.-P. BB_2, so erhält man für ein u innerhalb der angegebenen Grenzen beistehende Fig. 8. Setzt man ferner

$$a = d \operatorname{tg} u$$

und berechnet h aus der bekannten Formel

$$h = \frac{1}{2a} \sqrt{(a+R+r)(a+R-r)(a+r-R)(R+r-a)},$$

so ergeben sich die halben Zentriwinkel ε und ε' der in Betracht kommenden Sektoren leicht durch

$$\sin \varepsilon = \frac{h}{R}, \quad \sin \varepsilon' = \frac{h}{r}.$$

Berechnet man nun noch für $\bar{h} = r$ das entsprechende

$$\bar{a} = \sqrt{(R+r)(R-r)},$$

so erhält man für den lichten Theil P'_u der E.-P. die Formeln

[1]) S. Czapski, Theorie der optischen Instrumente nach Abbe. Breslau, Trewendt 1893. S. 207.

$$P'_u = \begin{cases} r^2\pi - \pi A_u; & a \leqq \bar{a} \\ \pi A'_u; & a \overline{\overline{>}} \bar{a} \end{cases} \quad \begin{aligned} A_u &= \frac{r^2 \varepsilon' - R^2 \varepsilon}{180} + \frac{h a}{\pi} \\ A'_u &= \frac{r^2 \varepsilon' + R^2 \varepsilon}{180} - \frac{h a}{\pi}. \end{aligned}$$

Da nun in der im ersten Theil entwickelten Formel für die relative Lichtvertheilung $\cos u \cos^3 u'$ der Umstand garnicht weiter angedeutet war, dass die Eintrittspupille überall ihre vollständige Grösse $r^2\pi$ hatte, so muss nun an die Stelle des Faktors 1 das Verhältniss des lichten Theils zur ganzen Pupille, also der Quotient $\frac{P'_u}{r^2\pi}$ gesetzt werden, und wir erhalten demnach den Lichtabfall durch Abblendung und Hauptstrahlneigung in dem Gebiete

$$w < u < \omega$$

ausgedrückt durch

$$\frac{P'_u}{r^2\pi} = \begin{cases} \left(1 - \frac{A_u}{r^2}\right) \cos u \cos^3 u'; & a \leqq \bar{a} \\ \frac{A'_u}{r^2} \cos u \cos^3 u' & a \overline{\overline{>}} \bar{a} \end{cases}$$

In den Beispielen sind indessen nur diejenigen Hauptstrahlneigungen u berücksichtigt, für welche gilt

$$w < u \leqq W.$$

Die zwischen W und ω liegenden Neigungen bleiben unbeachtet, weil denselben kein austretender Hauptstrahl u' mehr angehört. Auch für die Praxis werden die unter so grossen Neigungen passirenden Strahlen eine grosse Bedeutung schon deshalb nicht haben, weil die Verzeichnung der Einzellinse bei solchen Winkeln schon erhebliche Beträge annehmen würde.

Aus den graphischen Darstellungen der Lichtabnahme durch Abblendung sieht man sofort — was übrigens auch unschwer allgemein zu folgern wäre — dass diese Abnahme um so energischer eintritt, je kleiner die relative Oeffnung des benutzten Systems, d. h. je kleiner r gegenüber R ist.

Gehen wir nun zu dem durch symmetrische Kombination aus zwei Einzellinsen gebildeten Doppelobjektive über, so lassen sich einige allgemein gültige Beziehungen ableiten. Was zunächst die Brennweite des zusammengesetzten Systems angeht, so folgt dieselbe aus den Daten der Einzellinse (Fig. 9a).

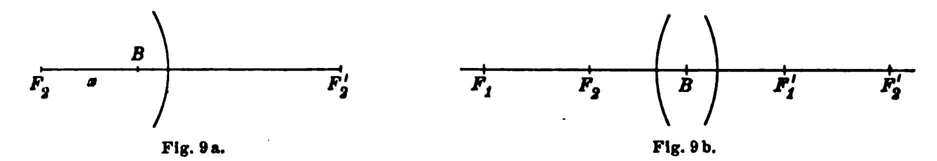


Fig. 9a. Fig. 9b.

Es sei deren Brennweite $= f$ und die Entfernung des vorderen Brennpunktes von der Blende $= x$, alsdann erhalten wir die Brennweite F des neuen Systems, da $\Delta = F'_1 F_2$ durch

$$F = \frac{f_1 f_1}{F_2 F_1'} = \frac{f_1^2}{2x} = \frac{x'}{2}, \text{ wo } x' = \frac{f_1^2}{x}$$

den Abstand der A.-P. vom hinteren Brennpunkte des Einzelsystems bedeutet (Fig. 9b).

Ein ähnlich einfaches Verhältniss besteht zwischen den Abblendungen des Einzelsystems und des Doppelobjektivs. Im ersteren Falle, wo Aperturblende und E.-P. zusammenfallen, ist die relative Oeffnung gegeben durch $2\frac{r}{f}$. Im zweiten

Falle ist der E.-P.-Halbmesser r' aus r herzuleiten durch $r' = \frac{rx'}{f}$. Es ergiebt sich aber sofort unter Benutzung der obigen Ableitung, dass

$$2\frac{r'}{F} = 2\frac{2rx'}{fx'} = 2\frac{2r}{f}$$

ist. In Worten bedeutet das, dass in jedem holosymmetrischen System genau die doppelte Apertur vorhanden ist, als für die Hinterlinse gelten würde, wenn man das Vordersystem fortnähme.

Am leichtesten übersichtlich ist der Fall, dass das Doppelobjektiv zur Reproduktion auf gleiche Grösse verwandt wird, da dann im Innern paralleler Strahlengang herrscht, und die Betrachtungsweise und Formeln von vorhin einfach angewendet werden können[1]). Auf den Fall des zu Landschaftsaufnahmen verwendeten Doppelobjektivs kommen wir später noch zu sprechen.

Im Doppelobjektiv sind die Linsendurchmesser relativ vergrössert, da ja die Brennweite verkürzt ist, und daraus ergiebt sich ein grosser Vortheil der Einzellinse gegenüber, insofern als die Winkelausdehnung ganz ungemein vergrössert wird, innerhalb der gar keine Abnahme durch Abblendung erfolgt. Eine hier folgende Tabelle, welche durch graphische Interpolation erhalten ist und daher auf grosse Genauigkeit keinen Anspruch macht, mag diesen Unterschied durch Zahlenangaben verdeutlichen.

Tabelle

für das abblendungsfreie Gesichtsfeld einer Einzellinse vom Typus der Serie VI und die entsprechende holosymmetrische Kombination:

Abblendungsfreies Gesichtsfeld von	5°	10°	15°	20°	25°
bei einer relativen Oeffnung der Einzellinse von 1:	16,5	18,8	22,0	26,0	32,0
„ „ „ „ „ Kombination (gl. Grösse) von 1:	8,5	9,7	12,0	14,7	19,8.

Eine weitere beträchtliche Abweichung lässt sich bei der Abblendung des Doppelobjektivs für Winkel u nachweisen, für die gilt

$$w < u < W.$$

Der Grund dafür ist darin zu suchen, dass die Abblendung nicht mehr durch eine, sondern durch *zwei* Gesichtsfeldblenden geschieht[2]).

Es macht keine besondere Schwierigkeit, aus den oben für die Einzellinse entwickelten Formeln die für die symmetrische Kombination geltenden zu entwickeln. Projizirt man nämlich beide inneren Fassungsbilder auf die Ebene der Aperturblende (Fig. 10), so erhält man eine der Fig. 11 entsprechende Darstellung, aus der sich unmittelbar die nachstehenden Beziehungen ableiten lassen. Für die zweite muss noch ε'' definirt werden durch

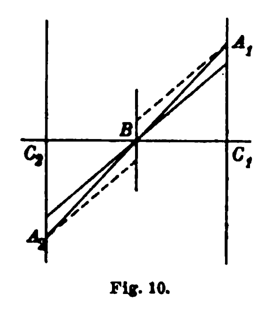


Fig. 10.

Fig. 11.

[1]) Für die von der Schiefe der Inzidenz abhängige relative Abnahme nach dem Rand zu macht die Verschiebung der Auffangscheibe nach rückwärts, die bei Reproduktion auf gleiche Grösse eintritt, keinerlei Unterschied, denn die Hauptstrahlneigungen u sind von dem Orte der Auffangfläche ganz unabhängig.

[2]) Auf diesen Umstand ist schon früher von Hrn. A. Miethe hingewiesen worden; vgl. A. Miethe, Ueber Lichtstärke und Bildfeldbeleuchtung photographischer Doppelobjektive. *Phot. Mitth.* **25.** *S. 11—12; 22—24. 1888/89.*

$$\cos \varepsilon'' = \frac{a}{R} \text{ und } A''_u = \frac{\varepsilon'' R^2}{90} - \frac{2a\sqrt{(R+a)(R-a)}}{\pi}$$

$$\frac{P'_u}{r^2\pi} = \begin{cases} \left(1 - \frac{2A_u}{r^2}\right)\cos u \cos^3 u' & a \leqq \bar{a} \\ \frac{A''_u}{r^2} \cos u \cos^3 u' & \bar{a} \leqq a < R \\ 0 & R \leqq a \end{cases}$$

Es wird also beim holosymmetrischen Objektiv kein Strahl mehr durchgelassen, der unter grösserem Neigungswinkel auffällt, als er dem Winkel W der Einzellinse entspricht, und es erfolgt daher hier eine sehr viel raschere Abnahme des lichten Theiles der Eintrittspupille auf 0 als dort. Diese Verhältnisse sind in den nebenstehenden graphischen Darstellungen (Fig. 12 und 13) genügend charakterisirt.

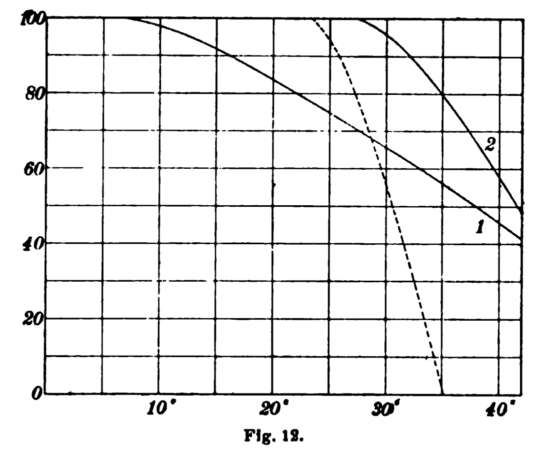


Fig. 12.

Abblendung eines Objektives endlicher Oeffnung durch die Objektivfassung. Flächeninhalt der E.-P. für verschiedene Hauptstrahlneigungen u in Prozenten der E.-P. für $u = 0$.

Die Abszissen sind die Hauptstrahlneigungen u.

$$y = \frac{P'_u}{r^2\pi}.$$

—— 1 Anastigmat-Satzlinse Ser. VI für 1 : 18.

—— 2 Anastigmat-Satzlinse Ser. VI für 1 : 36.

- - - - - Holosymmetr. Kombination Ser. VIa für 1 : 18 (gleiche Grösse).

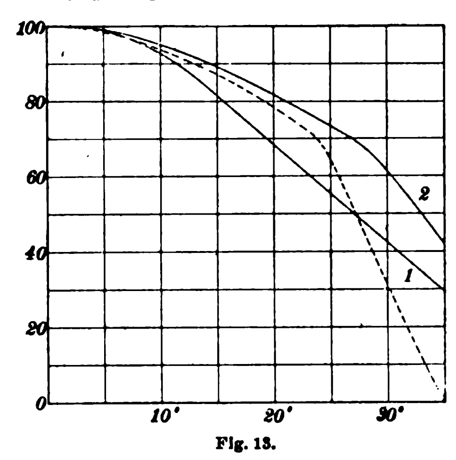


Fig. 13.

Darstellung der relativen Lichtabnahme eines Objektivs endlicher Oeffnung unter Berücksichtigung der Abblendung durch die Objektivfassung.

Die Abszissen sind die Hauptstrahlneigungen u.

$$y = \frac{P'_u}{r^2\pi} \cos u \cos^3 u'.$$

—— 1 Anastigmat-Satzlinse Ser. VI für 1 : 18.

—— 2 Anastigmat-Satzlinse Ser. VI für 1 : 36.

- - - - - Holosymmetr. Kombination Ser. VIa für 1 : 18 (gleiche Grösse).

Inwieweit diese Verhältnisse beim nicht holosymmetrischen Doppelobjektiv und entsprechendem Vergrösserungsverhältniss eine Modifikation erfahren, wollen wir hier nicht auseinandersetzen; die Erledigung dieser Aufgabe würde keine grossen Schwierigkeiten machen, sondern sich auch, analog wie hier, durch die Projektion der nunmehr ungleich grossen Fassungsbilder auf die Ebene der Aperturblende durchführen lassen.

Auch die Diskussion des für Landschaftsaufnahmen verwendeten Doppelobjektivs lässt sich in ähnlicher Weise erledigen, nur dass dann diese nahe Analogie mit dem Einzelsystem verloren geht. Man müsste Aperturblende sowohl als hinteren Fassungsrand durch die vor ihnen gelegenen Systemtheile objektseitig projiziren und dann, ähnlich wie im vorliegenden Beispiel, die verschiedenen Möglichkeiten untersuchen, die bei der Abblendung der E.-P. eintreten könnten.

Wenn nun auch die photographische Platte gegen Belichtungsdifferenzen ziemlich unempfindlich ist, und durch zweckentsprechend geleitete Entwickelung bis zu einem gewissen Grade Ausgleichungen herbeigeführt werden können, so muss sich doch unter Umständen der im Vorhergehenden untersuchte Intensitätsabfall störend bemerkbar machen, sei er nun auf die mit der Neigung der Hauptstrahlen zusammenhängende „natürliche“ oder auf die aus der Abblendung durch die Linsenränder zu erklärende „künstliche“ Abnahme zurückzuführen.

Man hat nun auch thatsächlich schon frühe nach Mitteln gesucht, diesen Uebelstand zu vermeiden; und zwar lassen sich solche Bestrebungen zurückverfolgen in jene klassische Periode der photographischen Optik, das Ende der 50er und den Anfang der 60er Jahre, da jene Wissenschaft durch die Arbeiten von J. Petzval in Wien, R. H. Bow in Edinburg, Th. Grubb in Dublin und J. T. Goddard in London ihren eigenartigen, im besten Sinne populärwissenschaftlichen Charakter erhielt.

Da nun, wie wir gesehen haben, die durch den Faktor $\cos u \cos^3 u'$ definirte „natürliche“ Intensitätsabnahme unvermeidlich[1]) ist, und man die Intensität der seitlichen Büschel auf keine Weise vergrössern kann, so blieb nichts weiter übrig, als die Intensität der Büschel geringer Neigung bis zu der der unverändert bleibenden stark seitlichen herabzubringen. Hier bieten sich nun zwei Wege dar, je nachdem man die gering geneigten Büschel zwar mit gleicher spezifischer Intensität, indessen nur mit kleinerer Oeffnung wirken lässt als die stark geneigten, oder ob man ihnen zwar die gleiche Oeffnung zuerkennt, aber ihre spezifische Intensität schwächt. Beide Wege sind mehrfach beschritten worden.

Die erstere Möglichkeit, die senkrechten und schwach geneigten Büschel mit geringerer Oeffnung wirken zu lassen, ist, soweit mir bekannt, stets durch das Mittel der vor die Blendungsöffnung gestellten ausgleichenden Blendung verwirklicht worden. Diese Anordnung von zwei nicht in einer Ebene liegenden Blenden hat ihre eigene Geschichte; sie wird zunächst zur Ausgleichung der Helligkeitsunterschiede ungleichmässig beleuchteter Objekte von W. J. Read in den 50er Jahren vorgeschlagen und dann von Th. Sutton in seiner *panoramic lens* verwendet. Für unseren Zweck der Helligkeitsausgleichung auf einer Ebene benutzt sie wohl zuerst Th. Grubb[2]).

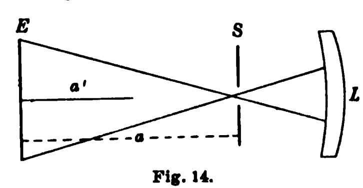


Fig. 14.

Grubb'sche Ausgleichsanordnung nach der *a. a. O.* gegebenen Figur.
Der Strahlengang ist in Uebereinstimmung mit unsern andern Figuren umgekehrt, also von links nach rechts gehend, gezeichnet. Die Scheibe E wird im Verlaufe der Exposition um die Strecke a' der Linse L genähert.

Sein Ausgleichsverfahren besteht nun darin, dass er vor der Vorderblende S (Fig. 14) eines Landschaftsobjektivs L eine undurchsichtige Scheibe E anbringt in einer Entfernung a, sodass die Scheibe von der Blendenmitte aus unter einem Winkel von

---

[1]) Wir gehen hier nicht weiter auf den Fall telezentrischer Pupillen ein, da derselbe schon von Hrn. S. Czapski *a. a. O. S. 198 bis 199* beschrieben wurde, und dort auch die gegen denselben zu erhebenden praktischen Bedenken ihre Würdigung fanden.

[2]) Th. Grubb, *On the equalisation of the photographic image in fields of large angle projected upon a flat surface. The Brit. Journ. of Phot.* **10.** *Nr. 200. S. 401—402. Nr. 201. S. 420—421. 1863. s. S. 420.*

etwa 35° erscheint. Die Einführung der Blendenscheibe geschieht nach Verlauf derjenigen Expositionszeit, bei der die Umgebung der Plattenmitte (zu etwa 35° Gesichtsfeld gerechnet) genügend exponirt wäre. Alsdann wird die Blendungsscheibe der Blende mehr und mehr genähert, sodass während der ganzen Exposition die Mitte am kürzesten, der Rand indessen am längsten belichtet wird.

Wie man sieht, lässt sich diese früheste Methode nicht direkt einer oder der anderen der beiden erwähnten Abtheilungen zuordnen, da sie im Wesentlichen die dort gar nicht weiter berücksichtigte Belichtungszeit zum Ausgleich benutzt. Ob dieser Vorschlag je allgemeinere Anwendung gefunden hat, entzieht sich meiner Beurtheilung, doch scheint die Verschiebung der Scheibe während der Exposition insofern nicht einwandsfrei, als dadurch Erschütterungen herbeigeführt werden konnten.

Einige Jahre später finden wir den von George H. Slight[1]) gemachten und von Hrn. Robert H. Bow ausgearbeiteten Vorschlag, vor oder hinter die wirksame Blende *a* eine kleinere undurchsichtige Blendungsscheibe *b* oblonger oder spitz zulaufender Form zu setzen, welche mit wachsender Neigung der Hauptstrahlen mehr und mehr von der Aperturblende freilässt. In der nebenstehenden, aus der Slight-schen Arbeit stammenden Fig. 15 ist ein Horizontalschnitt durch die Anordnung

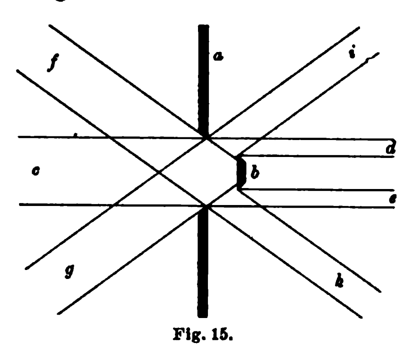


Fig. 15.

Horizontalschnitt durch die Slight-Bow'sche Anordnung.
a Blende, *b* Blendungsscheibe. Während das achsiale Büschel auf die kleinen Theile *d* und *e* reduzirt wird, werden die geneigten Büschel *f* und *g* weniger abgeblendet, sodass *h* und *i* übrig bleiben.

dargestellt. Durch eine nach unten zu sich verjüngende Blendung konnte hier sogar auch der geringeren Helligkeit des Vordergrundes bei Landschaftsaufnahmen Rechnung getragen werden. Die durch Hrn. R. H. Bow gegebene Ausarbeitung bezweckte, eine derartige Anordnung zu finden, dass $\frac{P'_u}{r^2\pi}\cos u \cos^3 u'$ möglichst konstant für einen bestimmten Horizontalwinkel u würde. Die rechnerische Durchführung einer Aufgabe, die später nur unvergleichlich oberflächlicher behandelt wird, erscheint interessant genug, um zu einer Mittheilung der *a. a. O. S. 282* gegebenen, für ein symmetrisches Objektiv geltenden Tabelle zu berechtigen.

Hr. R. H. Bow stellt sich die Aufgabe, den Flächeninhalt P'_u des lichten Theils der E.-P. proportional dem Reziproken von $\cos^4 u$ zu machen, und berechnet die Abweichungen der gerade betrachteten Lichtvertheilung von dieser ideal geforderten.

[1]) G. H. Slight, *A method of equalising the illumination of the image in landscape photography. The Brit. Journ. of Phot.* **13.** *Nr. 319. S. 280—281. 1866.* R. H. Bow, Ausarbeitung ohne besonderen Titel, *ebenda S. 281—283.* In etwas veränderter Form veröffentlichte G. H. Slight den Inhalt beider Artikel unter demselben Titel in *Trans. R. Scott. Soc. of Arts.* **7.** *Part III. S. 313—319. 1867*; eine Kenntniss, die ich einer liebenswürdigen Mittheilung des Hrn. R. H. Bow verdanke.

Angegeben werden die Abweichungen des Flächeninhalts der für eine bestimmte Hauptstrahlneigung u vorhandenen lichten Fläche von der Grösse der idealen in Prozenten dieser letzteren.

Abweichungen des Flächeninhalts P'_u der freien Oeffnung von einem idealen, $P'_u \cos^4 u$ konstant machenden, in Prozenten des letzteren nach Hrn. R. H. Bow.

Bemerkungen über P'_u — Hauptstrahlneigungen $u =$	0°	10°	20°	30°	32¾°	40°
Einfache runde Blende $2r = 1$ ohne vorgesetzte Blendung	0	−6	−22	−44	−50	−66
I. Runde Blende $2r = 1$; Breite des Blendungsstreifens = 0,604; für $u = 30°$ halbe Blende = 0,5 offen	0	−½	−1½	0		−13,4
II. Runde Blende $2r = 1$; Breite des Blendungsstreifens = 0,5; für $u = 30°$ sei 0,656 offen	0	−1	−0,8	0		−18
III. Runde Blende $2r = 1$; Breite des Blendungsstreifens = 0,6; für $u = 40°$ sei 0,772 offen	0	+2	+11	+4½		0
IV. Quadratische, über Eck gestellte Blende; Breite des Blendungsstreifens = 0,585; für $u = 40°$ halbe Blende offen	0	+1,3	+28,1	+4,3		0
V. Quadratische, über Eck gestellte Blende; Breite des Blendungsstreifens = 0,5; für $u = 32¾°$ halbe Blende offen	0	+0,7	+0,7	+0,5	±0	−10½

Eine ähnliche Anordnung, aber mehr für einen speziellen Fall besonderer Lichtvertheilung angepasst, während der hier behandelte, allgemeine, durch den schiefen Auffall der seitlichen Strahlen verursachte Lichtabfall nur eben gestreift wurde, veröffentlichte, aller Wahrscheinlichkeit nach unbeeinflusst, indessen ohne eine derartige Vertiefung, wie die des Hrn. R. H. Bow, de la Noë[1]) 17 Jahre später.

Bei den eben erwähnten Vorrichtungen wird die Strahlenbegrenzung durch die Einführung der Blendungsscheibe eine völlig veränderte; man wird also bei einer strengen Behandlung in jedem einzelnen Falle zu untersuchen haben, ob dadurch keine Verzeichnung eingeführt wurde.

Gehen wir nun zu der zweiten Möglichkeit über, den verschieden geneigten Büscheln zwar die gleiche Oeffnung der Aperturblende zuzuerkennen, indessen die spezifische Intensität der schwach geneigten erheblich zu vermindern, so tritt uns mit einem solchen Vorschlage unzweifelhaft zuerst der oben erwähnte Hr. R. H. Bow[2]) entgegen. Derselbe macht den Vorschlag, die Crownglaslinsen, welche als sammelnde am Rande dünner als in der Mitte sind und infolgedessen für schief geneigte Strahlenbüschel kürzere Glaswege aufweisen als für achsenparallele, dadurch für den Ausgleich zu benutzen, dass man sie aus einem stark absorbirenden Material herstelle. Es lässt sich daran nicht zweifeln, dass man bei passender Wahl der Absorptionskonstanten thatsächlich den gewünschten Ausgleich herbeiführen könnte, doch würden sich der praktischen Durchführung wohl Schwierigkeiten insofern entgegenstellen, als die Aufgabe, Rauchglas von bestimmter Absorption zu schmelzen, vorderhand der Glastechnik wohl noch nicht vorgelegen hat. Darauf aber würde der Vorschlag des Hrn. R. H. Bow hinauslaufen, wenn man dieses Ausgleichsverfahren ohne weiteres auf eine der modernen Linsenkonstruktionen anwenden wollte, bei denen Aenderungen der Krümmungen und Dicken ohne wesentliche Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit des Typus nicht vorgenommen werden dürfen.

Dass dieser Vorschlag in der Praxis durchgeführt wurde, ist mir indessen nicht bekannt geworden.

---

[1]) de la Noë, *Procédé pour obtenir, dans certains cas déterminés, un cliché homogène d'un modèle inégalement éclairé. Bull. Soc. Franç. Phot.* **29.** *S. 39—44. 1883.*

[2]) R. H. Bow, *Greenness of the lens: — Its equalising effect on the illumination of the picture. The Brit. Journ. of Phot.* **10.** *Nr. 188. S. 159—160. 1863.*

Dem Vorgange von Hrn. R. H. Bow folgt, wohl ohne von dessen Arbeiten Kenntniss zu haben, 26 Jahre später Hr. A. Miethe mit dem Kompensator nach, einer Vorrichtung, die im Jahre 1889 patentirt[1]) wurde. Diese Einrichtung besteht aus der Kombination einer plankonvexen und einer plankonkaven Linse von gleichem Krümmungsradius und gleichem Brechungsexponenten, die verkittet eine planparallele Scheibe ergeben. Die plankonkave Linse ist nun möglichst absorptionsfrei zu denken, während die plankonvexe aus stark absorbirendem Rauchglase gefertigt wird. Stellt man nun diese Scheibe zentrirt vor ein Weitwinkelobjektiv, sodass die stark geneigten Hauptstrahlen durch den wenig absorbirenden Rand gehen, so folgt aus dem Bow'schen Gedankengange, dass die die Mitte der Sammellinse passirenden achsialen Büschel eine starke, die beträchtlich geneigten indessen nur eine schwache Absorption erfahren. Die Aenderung im Strahlengang, die durch die an den Planflächen erfolgende sphärische Aberration verursacht wird, können wir hier unberücksichtigt lassen. Es erscheint im Kompensator die Bow'sche Idee ganz rein, losgelöst von der bestimmten Form der Sammellinse, die durch die sonstigen Eigenschaften des Objektivs bedingt wurde. Das hat seine Vorzüge und seine Nachtheile. Erstere gipfeln wohl in der Möglichkeit, durch zweckmässige Wahl des Krümmungsradius der Trennungsfläche der Absorptionskonstanten des Rauchglases Rechnung zu tragen, wie das auch *a. a. O.* bemerkt ist. Was die Nachtheile angeht, so ist zunächst die durch die Reflexion an den beiden additiven Flächen neu eingeführte Verminderung der absoluten Intensität zu nennen. Handelt es sich um grössere Hauptstrahlwinkel als die hier betrachteten, so tritt durch die Reflexion an den Planflächen auch eine Verminderung der relativen Intensität ein, die, wie Hr. H. Krüss *a. a. O. S. 52* gezeigt hat, sehr erhebliche Beträge annehmen kann und hier wohl nur durch Erhöhung der Mitteldicke, also durch eine noch weitere Schwächung der absoluten Intensität der achsialen Büschel kompensirt werden könnte. Ueber die Benutzung des Kompensators in der Praxis ist mir gleichfalls nichts bekannt geworden.

Polyoptrische Spiegelablesung.

Eine Ausdehnung der Gauss-Poggendorff'schen Methode der Winkelmessung[2]).

Von

Prof. Dr. **W. H. Julius** in Utrecht.

Bei Instrumenten, welche für Spiegelablesung eingerichtet sind, giebt man meistens dem Deckglase des Spiegelgehäuses absichtlich eine solche Neigung, dass das von demselben zurückgeworfene Licht der Skale nicht in das Fernrohr gelangen kann.

Indem man aber die Mithülfe des Deckglases nicht verschmäht, sondern benutzt, ist man im Stande, die Leistungsfähigkeit der Spiegelablesung bedeutend zu erhöhen.

Wenn sich der Spiegel um den Winkel α gedreht hat, liest man nach der Gauss-Poggendorff'schen Methode an der (geraden) Skale die Strecke $\Delta \operatorname{tg} 2\alpha$ ab, wo Δ den Abstand der Skale vom Spiegel bedeutet. Eine zweckmässige Benutzung des

---

[1]) Prof. Dr. Hartnack in Potsdam, Vorrichtung zur Erzeugung eines gleichmässig erleuchteten Bildfeldes bei photographischen Weitwinkelobjektiven. D. R.-P. Nr. 51 529 vom 13. August 1889.

[2]) Der *„Kon. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam“* mitgetheilt in der Sitzung vom 26. Febr. 1898.

Deckglases gestattet nun, nach Willkür eine Strecke proportional tg $2a$; tg $4a$; tg $6a$; tg $8a$; tg $10a$ und sogar noch weiter unmittelbar abzulesen.

Schon vor einigen Jahren, beim Arbeiten mit einem Magnetometer, wandte ich das Deckglas an, um die Genauigkeit der Winkelmessung zu verdoppeln; wegen ungenügender Lichtstärke konnte ich nicht weiter gehen. Die Methode bedurfte aber, wie ich später einsah, nur einer kleinen Abänderung, um zu der obenerwähnten bedeutenden Erweiterung zu führen. Die Modifikation besteht darin, dass man die dem Spiegel zugewendete Fläche des Deckglases mit einer durchsichtigen Silberschicht versieht[1]).

Die Ebene der Zeichnung (Fig. 1) werde vom Spiegel längs der Linie AB geschnitten; die Drehungsachse des Spiegels projizire sich in O_1; CD stelle die Spur der versilberten Seite des Deckglases dar und sei der (gestrichelten) Gleichgewichtslage von AB parallel.

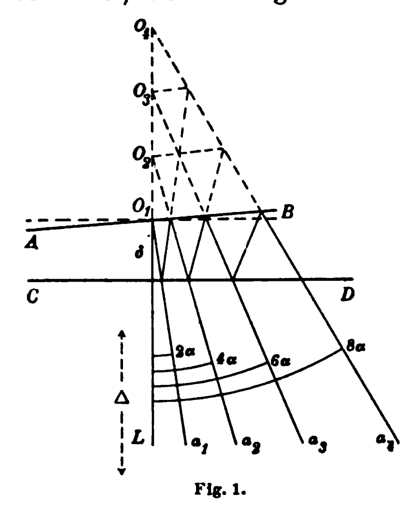


Fig. 1.

Ein in der Richtung LO_1 einfallendes Strahlenbündel wird nach einmaliger Reflexion am Spiegel zum Theil austreten in der Richtung $O_1 a_1$; von dem an CD zurückgeworfenen Lichte tritt nach einer zweiten Reflexion an AB ein Bruchtheil aus in der Richtung $O_2 a_2$; nach drei Reflexionen an AB einer in der Richtung $O_3 a_3$ u. s. w. Man überzeugt sich leicht aus der Figur, dass diese Richtungen mit LO_1 die Winkel $2a$; $4a$; $6a$; $8a$ einschliessen, wenn AB mit CD den Winkel a bildet.

Fällt umgekehrt ein von der beleuchteten Skale herrührendes Lichtbündel parallel $a_4 O_4$ ein, so wird ein Theil desselben nach vier Reflexionen an AB (und drei an CD) in der Richtung $O_1 L$ austreten. Wenn man also durch ein in L befindliches Fernrohr blickt und das viermal an AB zurückgeworfene Licht ins Auge fasst, wird man das Fadenkreuz an einer Stelle der Skale erblicken, deren Abstand vom Nullpunkte gegeben ist durch

$$(\Delta + O_1 O_4) \operatorname{tg} 8a.$$

Sind die Ablenkungswinkel klein und nennt man den Abstand von O_1 bis CD δ, so ist $O_1 O_4$ sehr nahe gleich 3δ. Überhaupt wird die Skalenablesung im n-mal an AB zurückgeworfenen Lichte den Werth des Ausdrucks

$$[\Delta + (n - 1)\delta] \operatorname{tg} 2na$$

ergeben.

Die verschiedenen Skalenbilder würden sich aber übereinander lagern und also schwer zu unterscheiden sein, wenn die Bündel a_1, a_2, a_3 . . . alle derselben Ebene genau parallel blieben. Diese Schwierigkeit kann man umgehen, indem man dem Deckglase eine ganz kleine Neigung um eine horizontale Achse giebt. Dann treten die Skalenbilder in vertikaler Richtung auseinander, und man hat es in der Hand, dieselben durch entsprechende Wahl des Neigungswinkels mehr oder weniger weit zu trennen, sodass 1, 2, 3 oder mehr Bilder gleichzeitig im Gesichtsfelde des Fernrohrs erscheinen.

[1]) Vor kurzem ersah ich, dass Prof. F. L. O. Wadsworth ein Mittel angegeben hat, um die Genauigkeit der Spiegelablesung zu verdoppeln (*Phil. Mag.* (*5*) **44.** *S. 83. 1897*; *diese Zeitschr.* **18.** *S. 25. 1898*). Dadurch wird aber, wie ich meine, die vorliegende Mittheilung nicht überflüssig, denn die Wadsworth'sche Methode ist nicht einfacher als die meinige und liefert jedenfalls ausschliesslich den Winkel $4a$.

Es ist offenbar nicht gleichgültig, wie stark man die Fläche *CD* versilbert. Denn indem man die Dicke der Schicht vergrössert, nimmt zwar das Reflexionsvermögen zu; dem steht aber gegenüber, dass weniger Licht in das Spiegelgehäuse eindringen kann und dass auch jedes austretende Bündel in höherem Maasse geschwächt wird. Der günstigste Werth des Reflexionsvermögens muss gesucht werden.

Bezeichnet I die Intensität des einfallenden Lichtbündels, r_0 das Reflexionsvermögen der Vorderfläche des Deckglases, r_1 das der Hinterfläche desselben, r_2 das des beweglichen Spiegels, so ist die Stärke des austretenden Bündels, welches zurückgeworfen ist

an der Vorderfläche des Deckglases $I r_0$
„ „ Hinterfläche „ „ $I(1-r_0)^2 r_1$
1-mal am Spiegel . . . . $I(1-r_0)^2(1-r_1)^2 r_2$
2-mal „ „ . . . . $I(1-r_0)^2(1-r_1)^2 r_2^2 r_1$
. . . .
n-mal am Spiegel . . . . $I(1-r_0)^2(1-r_1)^2 r_2^n r_1^{n-1}$.

Welche Bedingungen sollen nun erfüllt sein, aufdass die Intensität des $n$ten vom Spiegel reflektirten Bildes möglichst gross sei?

Es ist klar, dass man r_0 so klein und r_2 so gross wie möglich wählen soll; r_1 aber muss einen solchen Werth besitzen, dass der Ausdruck

$$y=(1-r_1)^2 r_1^{n-1}=r_1^{n+1}-2r_1^n+r_1^{n-1}$$

ein Maximum wird. Dies führt auf die Bedingungsgleichung

$$\frac{dy}{dr_1}=(n+1)r_1^n-2n r_1^{n-1}+(n-1)r_1^{n-2}=0,$$

$$(n+1)r_1^{n-2}\left(r_1^2-\frac{2n}{n+1}r_1+\frac{n-1}{n+1}\right)=0.$$

Von den Wurzeln dieser Gleichung macht nur der Werth

$$r_1=\frac{n-1}{n+1}$$

y zu einem Maximum, wovon man sich durch Auswerthung des zweiten Differentialquotienten überzeugen kann.

Die untenstehende Tabelle zeigt in der zweiten horizontalen Reihe den Werth, den man dem Reflexionsvermögen r_1 geben muss, damit das betreffende Skalenbild seine maximale Intensität erlange. Ferner enthält die Tabelle die Lichtstärke der verschiedenen Bilder in jenen sechs Fällen, wenn man für r_0 den Werth 0,04, für r_2 den Werth 0,92 einsetzt.

Nummer des Skalenbildes, das seine maximale Intensität besitzt.	1	2	3	4	5	6
r_1	(0)	$^1/_3$	$^1/_2$	$^3/_5$	$^2/_3$	$^5/_7$
Intensität des austretenden Bündels, welches zurückgeworfen ist						
an der Vorderfläche des Deckglases	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
an der Hinterfläche des Deckglases	0	0,31	0,46	0,55	0,61	0,66
1-mal am Spiegel	**0,85**	0,38	0,211	0,135	0,094	0,069
2- „ „ „	0	**0,118**	0,097	0,074	0,057	0,045
3- „ „ „	0	0,036	**0,045**	0,041	0,035	0,030
4- „ „ „	0	0,011	0,021	**0,023**	0,021	0,020
5- „ „ „	0	0,003	0,010	0,012	**0,013**	0,013
6- „ „ „	0	0,001	0,004	0,007	0,008	**0,0086**

Wie man sieht, muss man sich in den Bildern höherer Ordnung mit einigen Prozenten des einfallenden Lichtes begnügen. *Diese Quantität reicht aber vollständig aus*, wenn man sich für die Skalenbeleuchtung der bekannten Methode bedient, bei welcher hinter der Spiegelglasskale ein grosser Hohlspiegel in der Art aufgestellt ist, dass er auf den Spiegel des Instrumentes durch die Glasskale hindurch das Bild einer Lichtquelle entwirft[1]). Bei dieser Anordnung erscheinen die Theilstriche, von der Stelle des beweglichen Spiegels betrachtet, auf so grell leuchtendem Grunde, dass der Anblick eines ungeschwächten Skalenbildes dem Auge fast unerträglich sein kann und ein kleiner Bruchtheil des Lichtes für ganz bequeme Beobachtung der Theilstriche genügt. Eine Petroleumflamme als Lichtquelle gestattet die Ablesung bis im vierten Bilde; benutzt man eine kleine Zirkonlampe, so erscheint noch das sechste Bild recht deutlich, wenn r_1 etwa gleich $^2/_3$ gewählt worden war.

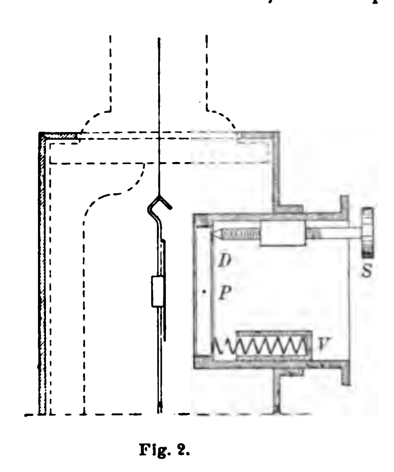
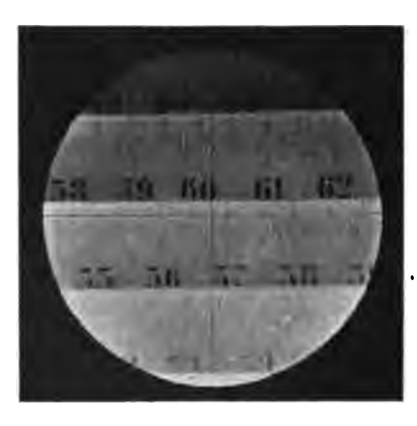


Fig. 2.


Fig. 3.

Jedes Spiegelinstrument erhält also durch das Hinzufügen einer Vorrichtung zur polyoptrischen Spiegelablesung nicht nur eine bedeutend höhere Empfindlichkeit, sondern auch eine sehr bequeme *Ausdehnung des Messbereichs*. Denn grössere Ablenkungen liest man im ersten Skalenbilde ab, kleinere mit der gleichen relativen Genauigkeit in den höheren Skalenbildern. Bei photographisch registrirenden Variationsinstrumenten und dergleichen ist das Prinzip ebenfalls anwendbar.

In Fällen, wo der Genauigkeit einer Ablesung durch die Erschütterungen des Bodens eine Grenze gestellt ist, hilft die neue Ablesemethode offenbar nicht aus; denn in den Bildern höherer Ordnung werden zufällige Schwankungen ebenfalls in vergrössertem Maassstabe beobachtet. Erschütterungsfreie Aufstellung des Apparates ist also Bedingung für ein vollkommenes Ausnutzen der erhöhten Empfindlichkeit.

Durch die gleichzeitige Anwendung der Aufhängemethode[2]) und der polyoptrischen Ablesung lässt sich die mit empfindlichen Instrumenten zu erreichende Genauigkeit unter Umständen auf mehr als das fünfzigfache steigern.

Fig. 2 stellt die einfache Vorrichtung dar, wie ich sie z. B. am Spiegelgehäuse eines ballistischen Galvanometers benutzt habe. Statt des gewöhnlichen Deckglases

[1]) Kamerlingh Onnes, *Verslagen Kon. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam, Wis. en Natuurk. Afd. 18. April 1896.* Weil von dem erwähnten Hohlspiegel nur der gerade hinter der Skale befindliche Theil, also nur ein schmaler Streifen, in Anwendung kommt, benutzt Kamerlingh Onnes statt des grossen Spiegels zwei oder drei Hohlspiegelstreifen, welche billiger sind und, neben einander gestellt, eine lange Skale zu beleuchten gestatten.

[2]) W. H. Julius, Erschütterungsfreie Aufstellung. *Diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 267. 1896 und* ***18.*** *S. 85. 1898.*

ist eine Büchse eingeschoben, deren Boden das spiegelnde Deckglas D bildet, welches um eine horizontale, in P sich projizirende Achse ein wenig drehbar ist. Mittels der Schraube S und der Spiralfeder V lässt sich die Neigung des Deckglases beliebig einstellen.

Macht man, indem man die Büchse einschiebt, den Abstand δ zwischen Spiegel und Deckglas so klein, dass $(n-1)\,\delta$ gegen die Skalenentfernung Δ vernachlässigt werden darf, so verhalten sich die gleichzeitigen Ablenkungen der Bilder wie die Werthe von $\operatorname{tg} 2\,n\alpha$.

Eine photographische Aufnahme von dem Gesichtsfelde des Fernrohrs zeigt Fig. 3. Δ war ungefähr 4 *m*. Die zurückgeworfenen Strahlenbündel trafen auf ein total reflektirendes Prisma, das dieselben in das seitlich aufgestellte Fernrohr lenkte. Diese Anordnung hatte nur den Zweck, das Fernrohr näher an den Spiegel bringen und also das Gesichtsfeld vollständig ausnutzen zu können. Als der Spiegel die Gleichgewichtslage einnahm, befand sich in allen vier Bildern der Theilstrich 50 am Faden; das untere Bild zeigt also eine Ablenkung von nahe 34 *mm*, welche dem Winkel 2α entspricht, das zweite Bild zeigt 68 *mm* (4α), das dritte 102 *mm* (6α), das vierte 136 *mm* (8α). Eine kleine Hebung des Fernrohrs gestattete, ein fünftes und sechstes Bild noch ganz scharf abzulesen.

Die Firma Hartmann & Braun in Frankfurt a. M.-Bockenheim hat sich für die Einführung der Methode interessirt und die Lieferung der bezüglichen Apparate übernommen.

Spektralapparat nach E. A. Wülfing zur Beleuchtung mit Licht verschiedener Wellenlänge[1].

Von

C. Leiss.

(Mittheilung aus der R. Fuess'schen Werkstätte in Steglitz bei Berlin.)

Die Anwendung dieses Apparates, dessen Anordnung im Wesentlichen mit dem von Lippich[2] zur Bestimmung der Rotationsdispersion benutzten Spektralapparat übereinstimmt, kann in Verbindung mit den verschiedenartigsten, der Ermittlung optischer Konstanten dienenden Instrumenten geschehen.

Ein besonderer Vorzug der Wülfing'schen Anordnung gegenüber derjenigen von Lippich besteht darin, dass den beiden Fernrohren eine dauernd feste Stellung gegeben und somit während der Beobachtungen keinerlei Veränderungen in der Aufstellung des Untersuchungsapparates oder der Leuchtquelle vorzunehmen ist.

Beschreibung des Apparates. Der Apparat (Fig. 1) wird von einem schweren, mit drei Nivellirschrauben versehenen Stativ getragen, auf dem er in der Vertikalen soweit verstellbar ist, dass seine optische Achse von 23 *cm* bis 34 *cm* über die Tischfläche gebracht werden kann.

E ist der mit dem wegklappbaren Vergleichsprisma und einem Schutzglas versehene Eintrittsspalt. Seine Bewegung erfolgt durch eine an der Rückseite des Spaltschlittens befindliche Mikrometerschraube s mit Gegenfeder. Zur Einstellung

---

[1]) E. A. Wülfing, *Tschermak's Mineral. u. petrogr. Mitth.* **15.** *S. 74. 1896.*

[2]) Vgl. Lippich, *Sitz.-Ber. d. K. Akad. d. Wiss., Wien. Math. naturw. Klasse II.* **91.** *S. 1070. 1885*; Landolt, Das optische Drehungsvermögen. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 1898. *S. 393. Fig. 72.*

des Spaltes *E* in den Brennpunkt des achromatischen Objektives besitzt derselbe ein orientirt bewegliches Auszugsrohr, welches durch eine Schraube und Spannring fixirt werden kann.

In dem kreisbogenförmigen Prismengehäuse *P* befinden sich zwei grosse Flintglasprismen von 60° brechendem Winkel und von etwa 40 × 40 *mm* Seite. Der Brechungsindex des Glases beträgt für *Na*-Licht etwa 1,64. Zur automatischen Bewegung beider Prismen dient die mit Trommel versehene Schraube *S*. Letztere besitzt eine Ganghöhe von 1 *mm*; die Trommel ist in 100 Theile getheilt und bestreicht eine Skale, an der die vollen Umdrehungen von *S* abgelesen werden.

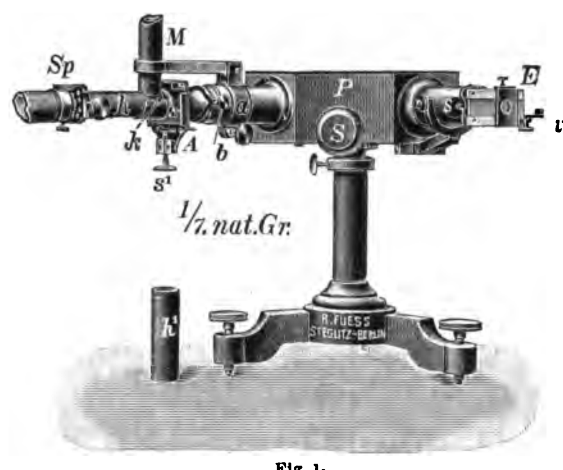


Fig. 1.

An der linken Wand des Gehäuses *P* ist ein dem Kollimator gleichartiges Rohr mit dem Austrittsspalt *A* befestigt, in dessen Ebene ein reelles Spektrum entworfen wird, von dem man mittels der durch die Schraube s^1 beweglichen, symmetrischen Spaltschneiden jene Farbe herausgreift, mit der das zur Untersuchung benutzte Instrument beleuchtet werden soll. Sehr exakte Messungen erfordern natürlich einen schmal gestellten Austrittsspalt, damit das austretende Licht die genügende Homogenität besitzt. Behufs Einstellung des Spalts in den Brennpunkt kann das Auszugsrohr in gleicher Weise wie das des Eintrittsspaltes verschoben und fixirt werden (Schraube *b*).

Die Einstellung der zur Beleuchtung bestimmten Spektralregion geschieht, wenn Sonnenlicht zur Anwendung kommt, nicht wie bei anderen Apparaten durch einen ausgewertheten Mechanismus oder durch Skalen, sondern mit Hülfe eines schwach vergrössernden Mikroskopes *M*, vor dessen Objektiv sich ein totalreflektirendes Prisma befindet (s. Fig. 2). Dieses mit ausziehbarem Tubus versehene Mikroskop *M* wird, sobald die Einstellung auf eine bestimmte Fraunhofer'sche Linie ausgeführt ist, um ein Scharniergelenk nach oben geschlagen.

Vor den Austrittsspalt *A* ist eine durch zwei Griffschrauben abnehmbar befestigte Röhre *h* geschraubt, welche einerseits dazu dient, gemeinsam mit der über *h* sich schiebenden Hülse h^1 eine lichtdichte Verbindung mit dem Untersuchungsapparat herzustellen und andererseits zur Aufnahme derjenigen Linse bestimmt ist, welche ein Bild des durch den Spalt herausgeschnittenen und als genügend monochromatisch befundenen Spektrums in die Bildebene des Präparates (beim Mikroskop u. s. w.) oder des Spaltes (bei Spektrometer und Goniometer) projiziren, oder endlich ein paralleles einfarbiges Büschel in den Apparat (bei Polarisations- und Achsenwinkelapparaten) senden soll. Für alle diese Fälle genügt eine einzige Linse, deren verschiebbare Fassung so eingerichtet ist, dass man der Linse jene beiden Stellungen geben kann, in der sie entweder ein paralleles Lichtbüschel aussendet oder von dem beleuchteten Spalt *A* ein reelles Bild entwirft. Ermöglicht werden diese beiden Stellungen dadurch, dass die hülsenartige Fassung der Linse so in *h* eingeschoben werden kann, dass die Linse einmal dem Spalt *A* nahe (Brennweite) und das andere Mal weiter entfernt (doppelte Brennweite) steht. Durch Verschieben der Linse kann überdies

deren Stellung noch innerhalb grösserer Grenzen variirt werden. Die Brennweite der benutzten Linse beträgt 50 *mm*.

Zur noch besseren Konzentration des aus *A* austretenden Lichtes kann nach dem Vorgang von Lippich und Schönrock nahe vor dem Spalt *A* noch eine weitere Linse eingeschaltet werden. Der in die Röhre *h* eingeschnittene Durchbruch für das untere Ende des Mikroskopes kann nach Beendigung der Einstellung, um den Zutritt störenden Lichtes zu vermeiden, durch die halbrunde Hülse *k* geschlossen werden.

Beleuchtung des Apparates mit Sonnenlicht. Soll die Beleuchtung mit Sonnenlicht erfolgen, so wird man der Einstellung der Linien mit dem Mikroskop den Vorzug geben. Das durch einen Heliostatenspiegel auf *E* gesandte Licht wird, wenn die Beleuchtung eine sehr intensive sein soll, mittels einer passenden, auf einem Stativ sitzenden Beleuchtungslinse auf dem Spalt *E* gesammelt.

Beleuchtung des Apparates mit künstlichem Licht. An künstlichen Lichtquellen dürften neben dem elektrischen Bogenlicht und dem Kalk- bezw. Zirkonlicht nur noch das Gasglüh- und Azetylenlicht in Frage kommen. Mittels einer zwischen *E* und der Lichtquelle eingeschalteten passenden Linse entwirft man zur intensiven Beleuchtung des Eintrittsspaltes auf diesem ein scharfes Bild der Lichtquelle.

Aichung des Apparates zum Gebrauch desselben für künstliches Licht. Vor dem Gebrauch des Apparates mit künstlichen Lichtquellen ist es erforderlich, denselben auf Wellenlänge zu aichen, um bei bestimmten Stellungen der Trommelschraube *S* ohne weiteres die mittlere Wellenlänge des aus dem Austrittsspalt *A* austretenden Lichtes zu kennen. Man beleuchtet zu diesem Zweck (event. mit Hülfe des Vergleichsprismas) entweder nach einander mit einigen homogenen Leuchtflammen (Natrium, Thallium, Lithium) oder mit Sonnenlicht und bringt durch Drehen der Prismen an der Schraube *S* das Bild des beleuchteten Spaltes oder die betr. Fraunhofer'schen Linien genau mit dem schmal gestellten Austrittsspalt *A* zur Deckung; mittels des einklappbaren Einstellungsmikroskopes *M* wird diese Operation sehr erleichtert. Hat man sich die verschiedenen Einstellungen an der Trommeltheilung und Längsskale von *S* nebst den dazu gehörigen Wellenlängen notirt, so ist man in der Lage, für eine grössere Anzahl genau charakterisirter homogener Farben seine optischen Bestimmungen auszuführen.

Gebrauch des Spektralapparates in Verbindung mit den verschiedenartigen optischen Messinstrumenten[1]).

1. Verbindung des Apparates mit dem Spektrometer und Goniometer (Fig. 1).

Eine möglichst intensive Beleuchtung des Spektrometerspaltes wird erzielt, wenn man von der durch den Spalt *A* herausgegriffenen Spektralfarbe ein reelles Bild auf *Sp* entwirft. Dies geschieht, indem man der in *h* befindlichen Projektionslinse und dem Spektrometerspalt *Sp* eine solche Stellung giebt, dass *Sp* und *A* sich in der doppelten Brennweite, also in einer Distanz von etwa 100 *mm* von der Linse befinden.

2. Verbindung des Apparates mit Polarisationsapparaten zur Bestimmung der Rotationsdispersion[2]).

Die in *h* eingesetzte Projektionslinse wird entfernt. Hier wird diese Linse durch die in den Polarisationsinstrumenten vor dem Polarisator befindliche Beleuchtungslinse ersetzt. Der Spalt *A* ist so weit vom Polarisationsapparat zu entfernen, dass die Beleuchtungslinse des letzteren ein scharfes Bild von *A* in der Ebene des Analysator-

[1]) Ueber die Verwendung des Apparates zur spektralen *Reinigung des Lichtes homogener Leuchtflammen* vgl. Landolt, *a. a. O. S. 365.*

[2]) Vgl. Landolt, *a. a. O. Fig. 72.*

Diaphragmas entwirft. Mit einem an die Stelle des letzteren gehaltenen Stück weissen Papieres kann man bequem das Bild von *A* auffangen.

3. Verbindung des Apparates mit dem Achsenwinkelapparat.

Die Projektionslinse in *h* (Fig. 2) befindet sich um den Abstand ihrer Brennweite (50 *mm*) von *A* entfernt und sendet ein paralleles Lichtbündel in den Polarisator

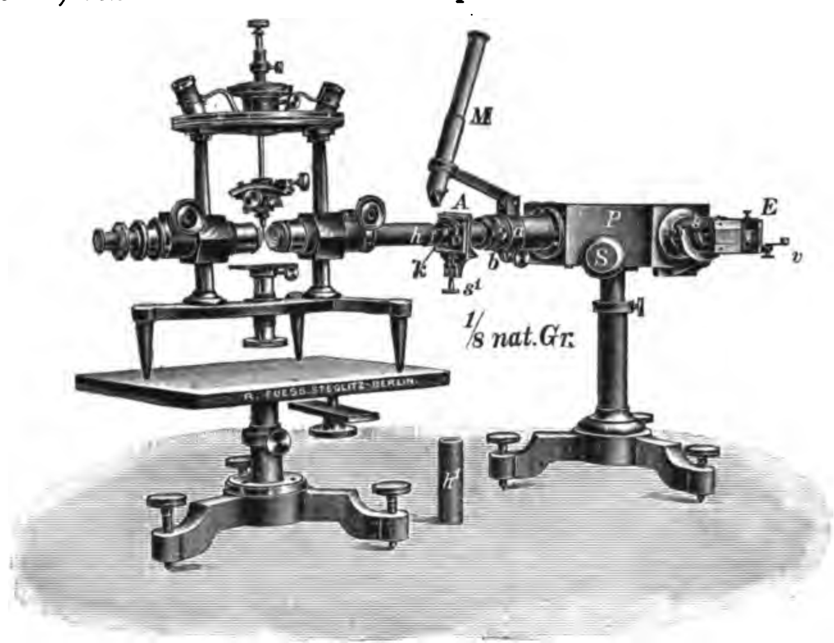


Fig. 2.

des Achsenwinkelapparates. Letzterer ist der Hülse *h* unter Fortlassung der auf ihr verschiebbaren Hülse h^1 möglichstnahe gebracht. Aus dem Polarisatorrohr des Achsenwinkelapparates sind die zu beiden Seiten des Nikols befindlichen Beleuchtungslinsen, und insbesondere die *h* zunächst liegende, durch Abschrauben entfernt.

Da die Achsenwinkelapparate meist eine geringere Höhe als die Spektrometer u. s. w. haben, werden dieselben auf eine geeignete ebene Metallplatte gesetzt, die von einem mit Nivellirschrauben und Hoch- und Tiefstellung versehenen Stativ getragen wird. Dasselbe Stativ findet auch bei der folgenden Kombination Anwendung.

4. Verbindung des Apparates mit dem Mikroskop (Fig. 3).

Vortheilhafte Anwendung findet besonders der Spektralapparat in Gemeinschaft mit dem Mikroskop zur Bestimmung der Auslöschungsschiefen. Die Stellung der Linse ist analog derjenigen beim Gebrauch des Spektrometers. Nur wird hier der Spalt des letzteren durch die Präparatebene vertreten, in welche das Bild des Spaltes *A* durch die Linse in *h* projizirt wird. Präparatebene und *A* befinden sich um die doppelte Brennweite (etwa 100 *mm*) von der Linse entfernt. Bei richtiger Einstellung und bei Benutzung von Sonnenlicht erblickt man gleichzeitig scharf mit dem Präparat die benutzte Fraunhofer'sche Linie.

Der Fuss des horizontal gelegten Mikroskopes wird mittels einer kräftigen Spannbrücke und Schraube fest mit der planen Platte des Statives verbunden.

5. Gebrauch des Apparates für direkte Beobachtung.

Wenngleich der Hauptzweck des Apparates in der Verwendung desselben für die Beleuchtung mit spektral zerlegtem Licht liegt, so kann derselbe doch sehr bequem

auch für direkte Beobachtung benutzt werden. Es wird zu diesem Zweck, einer Anregung des Hrn. Liebisch folgend, dem Apparat ein Ramsden'sches Okular mit Fadenkreuz beigegeben, welches an Stelle des sammt seinem Einsteckrohr zuvor

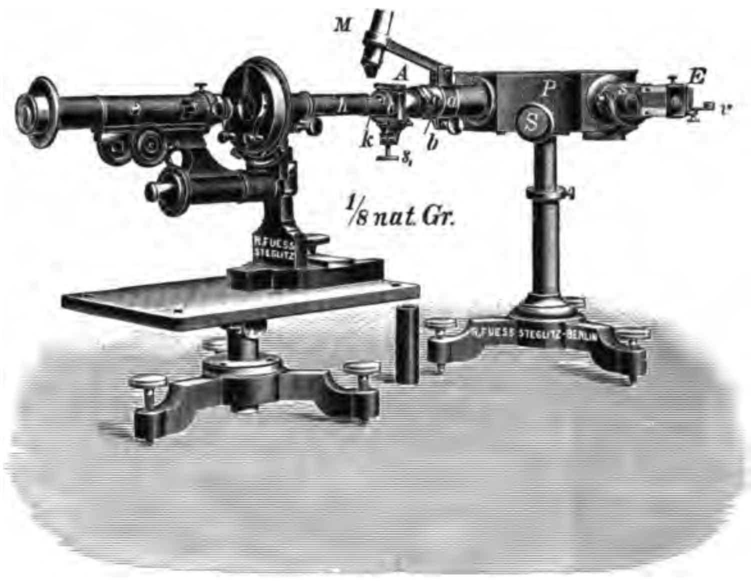


Fig. 3.

entfernten Austrittsspalts *A* gebracht wird. Wie das Einsteckrohr des letzteren trägt der Okulartubus eine Nase, die bei der Verschiebung dem Fadenkreuz seine orientirte Stellung erhält.

Die beiden Natriumlinien werden mit diesem Apparat noch deutlich zerlegt.

Gesetz, betreffend die elektrischen Maasseinheiten[1]).

§. 1.

Die gesetzlichen Einheiten für elektrische Messungen sind das Ohm, das Ampere und das Volt.

§. 2.

Das Ohm ist die Einheit des elektrischen Widerstandes. Es wird dargestellt durch den Widerstand einer Quecksilbersäule von der Temperatur des schmelzenden Eises, deren Länge bei durchweg gleichem, einem Quadratmillimeter gleich zu achtendem Querschnitt 106,3 Centimeter und deren Masse 14,4521 Gramm beträgt.

§. 3.

Das Ampere ist die Einheit der elektrischen Stromstärke. Es wird dargestellt durch den unveränderlichen elektrischen Strom, welcher bei dem Durchgange durch eine wässerige Lösung von Silbernitrat in einer Sekunde 0,001118 Gramm Silber niederschlägt.

§. 4.

Das Volt ist die Einheit der elektromotorischen Kraft. Es wird dargestellt durch die elektromotorische Kraft, welche in einem Leiter, dessen Widerstand ein Ohm beträgt, einen elektrischen Strom von einem Ampere erzeugt.

[1]) Aus dem Reichs-Gesetzblatt *Nr. 26. S. 905. 1898.* Das Gesetz ist vom 1. Juni 1898 datirt.

§. 5.

Der Bundesrath ist ermächtigt,

a) die Bedingungen festzusetzen, unter denen bei Darstellung des Ampere (§. 3) die Abscheidung des Silbers stattzufinden hat,

b) Bezeichnungen für die Einheiten der Elektrizitätsmenge, der elektrischen Arbeit und Leistung, der elektrischen Kapazität und der elektrischen Induktion festzusetzen,

c) Bezeichnungen für die Vielfachen und Theile der elektrischen Einheiten (§§. 1, 5b) vorzuschreiben,

d) zu bestimmen, in welcher Weise die Stärke, die elektromotorische Kraft, die Arbeit und Leistung der Wechselströme zu berechnen ist.

§. 6.

Bei der gewerbsmässigen Abgabe elektrischer Arbeit dürfen Messwerkzeuge, sofern sie nach den Lieferungsbedingungen zur Bestimmung der Vergütung dienen sollen, nur verwendet werden, wenn ihre Angaben auf den gesetzlichen Einheiten beruhen. Der Gebrauch unrichtiger Messgeräthe ist verboten. Der Bundesrath hat nach Anhörung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt die äussersten Grenzen der zu duldenden Abweichungen von der Richtigkeit festzusetzen.

Der Bundesrath ist ermächtigt, Vorschriften darüber zu erlassen, inwieweit die im Absatz 1 bezeichneten Messwerkzeuge amtlich beglaubigt oder einer wiederkehrenden amtlichen Ueberwachung unterworfen sein sollen.

§. 7.

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt hat Quecksilbernormale des Ohm herzustellen und für deren Kontrole und sichere Aufbewahrung an verschiedenen Orten zu sorgen. Der Widerstandswerth von Normalen aus festen Metallen, welche zu den Beglaubigungsarbeiten dienen, ist durch alljährlich zu wiederholende Vergleichungen mit den Quecksilbernormalen sicherzustellen.

§. 8.

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt hat für die Ausgabe amtlich beglaubigter Widerstände und galvanischer Normalelemente zur Ermittelung der Stromstärken und Spannungen Sorge zu tragen.

§. 9.

Die amtliche Prüfung und Beglaubigung elektrischer Messgeräthe erfolgt durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Der Reichskanzler kann die Befugniss hierzu auch anderen Stellen übertragen. Alle zur Ausführung der amtlichen Prüfung benutzten Normale und Normalgeräthe müssen durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt beglaubigt sein.

§. 10.

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt hat darüber zu wachen, dass bei der amtlichen Prüfung und Beglaubigung elektrischer Messgeräthe im ganzen Reichsgebiete nach übereinstimmenden Grundsätzen verfahren wird. Sie hat die technische Aufsicht über das Prüfungswesen zu führen und alle darauf bezüglichen technischen Vorschriften zu erlassen. Insbesondere liegt ihr ob, zu bestimmen, welche Arten von Messgeräthen zur amtlichen Beglaubigung zugelassen werden sollen, über Material, sonstige Beschaffenheit und Bezeichnung der Messgeräthe Bestimmungen zu treffen, das bei der Prüfung und Beglaubigung zu beobachtende Verfahren zu regeln, sowie

die zu erhebenden Gebühren und das bei den Beglaubigungen anzuwendende Stempelzeichen festzusetzen.

§. 11.

Die nach Maassgabe dieses Gesetzes beglaubigten Messgeräthe können im ganzen Umfange des Reichs im Verkehr angewendet werden.

§. 12.

Wer bei der gewerbsmässigen Abgabe elektrischer Arbeit den Bestimmungen im §. 6 oder den auf Grund derselben ergehenden Verordnungen zuwiderhandelt, wird mit Geldstrafe bis zu einhundert Mark oder mit Haft bis zu vier Wochen bestraft. Neben der Strafe kann auf Einziehung der vorschriftswidrigen oder unrichtigen Messwerkzeuge erkannt werden.

§. 13.

Dies Gesetz tritt mit den Bestimmungen in §§. 6 und 12 am 1. Januar 1902, im Uebrigen am Tage seiner Verkündigung in Kraft.

Begründung [1]).

Zu § 5.

Im § 5 ist dem Bundesrathe die Ermächtigung zum Erlasse gewisser ergänzenden Bestimmungen beigelegt, deren Festlegung im Gesetz nicht angezeigt erscheint, um nicht den Weg der Gesetzgebung beschreiten zu müssen, falls, dem Fortschritte der wissenschaftlichen Forschung entsprechend, für ihre Verbesserung Sorge getragen werden muss.

Zunächst bezweckt die Bestimmung unter a), für den Erlass von Vorschriften über den Gebrauch des Silbervoltameters die gesetzliche Grundlage zu schaffen.

Es ist ausgeschlossen, dass die gebräuchlichen abkürzenden Bezeichnungen wie „*Coulomb*", „*Watt*", „*Farad*" und „*Quadrant*" oder „*Henry*" für die Einheiten der Elektrizitätsmenge, elektrischen Arbeitsleistung, elektrischen Kapazität und elektrischen Induktion eine gesetzliche Definition erfordern, soweit gleichgerichtete Ströme in Frage kommen, da in diesem Falle Zweifel über die genannten Bezeichnungen nicht möglich sind, sobald die Grundeinheiten Ohm, Ampere und Volt feststehen. Für den Verkehr mit Wechselströmen freilich wird voraussichtlich eine Definition der Arbeitsleistung nothwendig werden. Die Einheit dieser Leistung, das „*Watt*", in das Gesetz aufzunehmen, würde also an und für sich wünschenswerth sein. Dies setzt aber voraus, dass auch eine gesetzliche Definition der Einheit erfolgt. Eine solche ist aber aus den weiter unten angegebenen Gründen zur Zeit noch nicht möglich. Daher ist auch der Name für die Einheit bis zu der Verordnung aufzuschieben, durch welche der Bundesrath die Definition derselben auf Grund der Bestimmung unter d) aufstellen wird. Als ein fernerer Grund gegen die Aufnahme anderer gesetzlicher Bezeichnungen als Ohm, Ampere und Volt kommt der Umstand hinzu, dass die

---

[1]) Im Vorstehenden wird der Wortlaut des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maasseinheiten mitgetheilt, dessen erster, von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ausgearbeiteter Entwurf nebst ausführlicher Begründung in *dieser Zeitschr.* ***13.*** *1893. Beilage z. Februarheft* veröffentlicht wurde. Wie eine Vergleichung ergiebt, besteht der Unterschied zwischen dem Entwurf und der definitiven Fassung hauptsächlich darin, dass die Definitionen der Leistung eines elektrischen Stromes, der Elektrizitätsmenge, der Kapazität, ferner diejenigen für Wechselströme aus dem Gesetz weggelassen sind. Der Erlass von Bestimmungen hierüber ist vielmehr dem Verordnungswege vorbehalten worden. Neu hinzugekommen ist namentlich § 6 (und der zugehörige § 12), welcher sich auf Elektrizitätszähler bezieht.

Die beim Einbringen des Gesetzentwurfes dem Reichstage mitgetheilte Begründung wird hier nur insoweit wiedergegeben (nach Nr. 181 der Drucksachen des Reichstages, Session 1897/98), als sie die wesentlichen Abweichungen des Gesetzes gegenüber dem *ersten* Entwurf betrifft; im übrigen kann auf die dem letzteren beigegebene Begründung *a. a. O.* verwiesen werden. — Die Red.

englische und die französische Gesetzgebung, mit welcher der vorgelegte Entwurf sich in möglichster Uebereinstimmung hält, gleichfalls weitere Einheiten nicht benannt hat.

Die Vorschrift unter c) hat die Vorsätze, wie Mega-, Kilo-, Milli- oder Mikro- im Auge. Es gelten dieselben Erwägungen wie für § 5b.

Die Aufnahme der Vorschrift unter d) in das Gesetz ist nöthig, um für die Anwendung der gesetzlichen Einheiten auf den Verkehr mit Wechselströmen einheitliche Grundsätze aufstellen zu können. Es bestand ursprünglich die Absicht, die Begriffe der Stromstärke und Spannung für Wechselströme in das Gesetz aufzunehmen, wodurch zugleich der wichtigste Begriff der Arbeitsleistung festgestellt worden wäre. Eine im Jahre 1893 stattgehabte Umfrage bei sachverständigen technischen Stellen ergab jedoch, dass man dort eine solche Maassregel als verfrüht betrachtete. Die diesbezüglichen Paragraphen des ursprünglichen Gesetzentwurfs sind auf den damals ausdrücklich geäusserten Wunsch wieder gestrichen worden. Aus demselben Grunde hat man auch auf dem Chicagoer Kongresse davon Abstand genommen, die Frage der Wechselströme mit zum Austrage zu bringen. Denn die Schwierigkeit, für Wechselströme verständliche eindeutige Definitionen zu geben, von denen angenommen werden kann, dass alle betheiligten Kreise dauernd damit einverstanden sind, und dass diese Begriffe also reif sind, um einem Gesetz eingefügt zu werden, ist bis jetzt nicht gehoben. Sie liegt darin, dass die Grössen, welche die Arbeitsleistung eines Stromes bestimmen, nämlich die Begriffe Stromstärke und Spannung, sich bei Wechselstrom nur mittelst Bezeichnungen der höheren Mathematik darstellen lassen. Andere erschöpfende Begriffsbestimmungen jener Arbeitsleistung aber lassen sich nicht in kurzen Ausdrücken geben, weil die Gestalt, in der die Arbeit gewonnen wird, eine mannigfaltige ist. Daher ist diese Bestimmung der Verordnung des Bundesraths überlassen, vor deren Erlass durch eine Berathung der betheiligten Kreise die wünschenswerthe Fassung festzusetzen sein wird.

Zu § 6.

Die gewerbliche und wirthschaftliche Verwendung der Elektrizität ist eine sehr vielseitige. Vornehmlich findet sie statt zum Zwecke der Leistung mechanischer Arbeit durch den Betrieb von Arbeitsmaschinen in Fabriken, in Werkstätten und im Strassenbahnverkehre, zum Zwecke der Lichtgebung in Gestalt von Bogenlicht oder Glühlicht, zum Zwecke der Wärmeerzeugung, der elektrochemischen Zersetzung (z. B. der Gewinnung von Abscheidungen des Stromes aus Flüssigkeiten oder der galvanoplastischen Abbildung), ferner zur Magnetisirung, etwa in elektrischen Uhren oder sonstigen Zeichengebern, zum Betriebe von Induktionsapparaten, sowie zur Ladung von Akkumulatoren, endlich auch zu therapeutischen Zwecken. Der Umfang, in welchem die Elektrizität in dieser Weise nutzbar gemacht wird, ist schon jetzt sehr bedeutend und wird sich im Laufe der Zeit unzweifelhaft noch wesentlich erweitern. Die Erzeugung erfolgt vielfach in Zentralanlagen, welche ihren Abnehmern den elektrischen Strom durch Leitungen zuführen. Die Vergütung wird in diesen Fällen zumeist nach dem wirklich stattgehabten Verbrauche bemessen, und zwar ist dasjenige, was den Preis für den Verbrauch bestimmt, die elektrische Energie oder Stromarbeit, d. h. das Produkt aus der Benutzungszeit, der Stromstärke und der elektrischen Spannung, welche in der Leitung des Stromempfängers verbraucht wird. Denn der Produzent muss zur Erzeugung des Stromes stets dieselbe Menge von Arbeit, welche der Konsument für sich verbraucht, mehr aufwenden, als wenn dieser Verbrauch nicht stattfände. Zur Ermittelung der verbrauchten Menge elektrischer Energie werden besondere Messwerkzeuge verwendet. Die für den gewerblichen Verkehr hauptsächlich in Betracht kommenden Messwerkzeuge sind die Elektrizitätszähler, welche den Energieverbrauch in ähnlicher Weise ablesen lassen, wie der Gas- und Wasserverbrauch an den entsprechenden Uhren abgelesen wird. Das Bestreben der Technik geht dahin, an allen Zählern die unmittelbare Ablesung einzuführen. Zur Zeit aber sind auch noch Zähler im Gebrauche, bei welchen die Angaben auf dem Zifferblatte mit einer Zahl, der sogenannten Konstante des Zählers, multiplizirt werden müssen, um den Verbrauch zu erhalten. Ferner ist nicht ausgeschlossen, dass ausser den Zählern unter Umständen auch andere Instrumente verwendet werden, aus deren Angaben unter

Zuziehung der Verbrauchszeit die Menge der verbrauchten Energie berechnet wird. Hierzu gehören Strommesser, Spannungsmesser und elektrische Widerstände.

Der richtige Gang dieser Apparate ist im Hinblick auf die grossen Werthbeträge, welche im gewerblichen Verkehre mit elektrischer Energie umgesetzt werden, für die Betheiligten von weittragender wirthschaftlicher Bedeutung. Gegenwärtig liegt die Gewähr für die dauernde Richtigkeit der Apparate, abgesehen von der an einzelnen Orten stattfindenden Mitwirkung der Gemeindeorgane, einzig und allein in der Pflege, welche die Elektrizitätswerke in ihrem eigenen Interesse denselben angedeihen lassen. Dieser Zustand kann als ein befriedigender nicht betrachtet werden, es erscheint vielmehr geboten, den Verkehr gegen die mit der Verwendung unrichtiger Messwerkzeuge verbundenen Nachtheile durch ähnliche Vorschriften zu schützen, wie sie für andere Mengenbestimmungen in der Maass- und Gewichtsordnung vom 17. August 1868 enthalten sind.

Der Weg, welchen die Maass- und Gewichtsordnung eingeschlagen hat, indem sie vorschreibt, dass zum Zumessen und Zuwägen im öffentlichen Verkehre nur gehörig gestempelte Maasse u. s. w. angewendet werden dürfen, dass insbesondere die zur Bestimmung der Vergütung für den Verbrauch von Leuchtgas dienenden Gasmesser gehörig gestempelt sein sollen, kann bei den Elektrizitätsmessern zur Zeit noch nicht betreten werden. Die gegenwärtig im Verkehre befindlichen Messwerkzeuge sind zu einem grossen Theile nicht so beschaffen, dass sie nach erfolgter amtlicher Prüfung und Beglaubigung in den Verkehr gegeben werden können, da ihre Konstruktion einen Transport, zum Theil auch die Einschaltung in die Betriebsleitung ohne eine die Gefahr einer Aenderung ihrer Angaben begründende Zerlegung nicht zulässt. Der in diesen Apparaten angelegte Kapitalwerth ist aber so gross, dass es nicht angängig erscheint, ohne Weiteres ihre fernere Verwendung unmöglich zu machen. Ueberdies besitzen manche dieser Konstruktionsarten, wenngleich sie nicht beglaubigungsfähig sind, andere Vorzüge, welche es sogar wünschenswerth erscheinen lassen, sie nicht vom Verkehr auszuschliessen.

Erscheint hiernach die Einführung eines allgemeinen Beglaubigungszwanges vorläufig noch nicht angezeigt, so lassen sich doch auch für den vorhandenen Bestand an Elektrizitätsmessern einige andere Maassregeln alsbald einführen, welche geeignet sind, dem Verkehr immerhin einen gewissen Schutz zu bieten. Zunächst ergiebt sich als eine nothwendige Folge der Festsetzung gesetzlicher Maasseinheiten, entsprechend der Bestimmung im Artikel 14 der Maass- und Gewichtsordnung, die Forderung, dass die Angaben der fraglichen Messwerkzeuge auf diesen Einheiten beruhen. Dies ist, wie schon aus dem oben Gesagten sich ergiebt, nicht dahin zu verstehen, dass die Angaben unmittelbar in den gesetzlichen Einheiten erfolgen sollen, vielmehr genügt es, wenn sie, wie beispielsweise das Watt und die Wattstunde, in bestimmter, zweifelsfreier Beziehung zu diesen Einheiten stehen. Sodann aber muss im Interesse des Verkehrs verlangt werden, dass die Messwerkzeuge *richtige* Angaben liefern, wobei ebenso, wie in der Maass- und Gewichtsordnung, Abweichungen nach beiden Seiten innerhalb bestimmter Grenzen zuzulassen sind. Diesen beiden Forderungen können nach dem Urtheile der gehörten Sachverständigen die zur Zeit im Gebrauche befindlichen Elektrizitätsmesser angepasst werden, namentlich auch die oben erwähnten Apparate mit sogenannter Konstante, für welche die Forderung gestellt werden muss, dass diese Konstante den gesetzlichen Vorschriften über die Richtigkeit entspricht, sowie die gleichfalls bereits erwähnten Apparate, aus deren Angaben der Energieverbrauch unter Zuziehung der Verbrauchszeit berechnet wird. Die Gewährung einer mässigen Uebergangszeit, wie sie im § 13 vorgesehen ist, wird nach dem Urtheile der darüber gehörten Techniker genügen, um den Betheiligten nennenswerthe Belästigungen und Nachtheile fern zu halten.

Die Festsetzung der Grenzen für die zu duldenden Abweichungen von der Richtigkeit ist im Entwurfe dem Verordnungswege vorbehalten, weil es sich dabei um Entscheidung technischer Einzelheiten handelt. Auch wird sich möglicherweise im Laufe der Zeit das Bedürfniss nach Abänderung der erstmals festgesetzten Fehlergrenzen geltend machen, da diese Grenzen zunächst nicht sehr eng gezogen werden können, mit der fortschreitenden

Entwickelung der Technik aber die an die Genauigkeit der Apparate zu stellenden Anforderungen voraussichtlich zu verschärfen sein werden. Auch in diesem Punkte schliesst sich der Entwurf eng an die Bestimmungen der Maass- und Gewichtsordnung (Artikel 10, Abs. 2) an. Um Missgriffen thunlichst vorzubeugen, soll vor der Festsetzung der Fehlergrenze die Physikalisch-Technische Reichsanstalt gehört werden, welche ihrerseits bei Ausarbeitung ihrer Vorschläge sich mit den maassgebenden Kreisen der Technik in Fühlung zu halten haben wird. Dass die Aufstellung bestimmter Anforderungen an die Richtigkeit der Elektrizitätsmesser einen werthvollen Sporn für die Entwickelung der deutschen Industrie auf dem in Rede stehenden Gebiete bilden wird, ist von den befragten Sachverständigen anerkannt worden.

Die vorbezeichneten Maassregeln stellen zwar einen Fortschritt gegenüber dem jetzigen Rechtszustande dar, sie vermögen aber den vom verkehrspolizeilichen Standpunkt aus zu wünschenden vorbeugenden Schutz nicht in ausreichendem Maasse zu gewähren; ein solcher wird nur durch Einführung des Beglaubigungszwanges für die Elektrizitätsmesser herbeigeführt werden können. Schon jetzt sind einzelne Konstruktionsarten vorhanden, welche eine Beglaubigung zulassen, und es unterliegt keinem Zweifel, dass die Technik sich mehr und mehr die Herstellung und Vervollkommnung derartiger Apparate angelegen sein lassen wird. Die Einführung eines Beglaubigungszwanges wird daher früher oder später in Aussicht zu nehmen sein und wegen der damit verbundenen Vortheile voraussichtlich von den Betheiligten selbst gewünscht werden. Es muss jedoch damit gerechnet werden, dass während einer längeren Uebergangszeit Elektrizitätsmesser, welche nicht beglaubigungsfähig sind, im Verkehre bleiben, oder dass sich das Bedürfniss ergiebt, solche Apparate im Hinblick auf ihre sonstigen Vorzüge dauernd beizubehalten. Als Ersatz für die Beglaubigung wird bei diesen Apparaten eine regelmässige amtliche Ueberwachung zu dienen haben. Es erscheint erwünscht, den Erlass des neuen Gesetzes zu benutzen, um auch für die zuletzt bezeichneten Anordnungen, deren Ausgestaltung im Einzelnen dem Verordnungsweg überlassen bleiben kann, eine gesetzliche Grundlage zu schaffen; zu diesem Behufe sind im Absatze 2 des § 6 dem Bundesrathe die nöthigen Vollmachten beigelegt. Die Fassung ist so gewählt, dass bei dem Erlasse der bezüglichen Vorschriften ihr Geltungsbereich beliebig eingeschränkt und dadurch besonderen örtlichen Verhältnissen oder den Einrichtungen bestimmter Betriebe Rechnung getragen werden kann.

Die Absicht des Entwurfs geht nicht dahin, bei dem Verkehre mit Elektrizität unter allen Umständen den Gebrauch von Elektrizitätsmessern vorzuschreiben. Die Wahl eines anderen Weges für die Bestimmung der zu zahlenden Vergütung (Festsetzung von Pauschsummen, Berechnung nach der Benutzungszeit oder dergleichen) soll nach wie vor gestattet bleiben und der freien Bestimmung der Betheiligten unterliegen. Ferner sollen die Vorschriften des Entwurfs nur auf die *gewerbsmässige* Abgabe elektrischer Energie und auch in diesem Falle nur dann Anwendung finden, wenn die Angaben der Elektrizitätsmesser nach dem übereinstimmenden Willen beider Theile für die Vergütung maassgebend sind; die Verwendung der Apparate für die Zwecke des inneren Fabrik- oder Geschäftsbetriebs bleibt daher unberührt.

Zu §§ 9 bis 11.

Für den Fall, dass bei der gewerbsmässigen Abgabe von Elektrizität nur amtlich beglaubigte oder geprüfte Messgeräthe zugelassen werden, wird die Berechtigung zur Ausführung der Prüfungen auf eine Anzahl über das ganze Reich vertheilter Stellen ausgedehnt werden müssen. Um die Einheitlichkeit in der Ausführung zu wahren, sollen der Reichsanstalt bezüglich der Aufstellung der einschlagenden Vorschriften ähnliche Obliegenheiten übertragen werden, wie sie auf dem Gebiete des Maass- und Gewichtswesens der Normal-Aichungs-Kommission durch Artikel 18 der Maass- und Gewichtsordnung zugewiesen sind.

Zu § 12.

Im § 12 wird eine dem § 369 Nr. 12 des Strafgesetzbuchs nachgebildete Strafbestimmung gegeben. In Abweichung von jener Vorschrift des Strafgesetzbuchs soll jedoch eine

Strafe nicht bereits dann eintreten, wenn zum Gebrauche ungeeignete, vorschriftswidrige oder unrichtige elektrische Messgeräthe bei Gewerbetreibenden vorgefunden werden; vielmehr soll nur der schuldhafterweise erfolgte Gebrauch derartiger Geräthe strafbar sein. Dabei richtet sich die Strafdrohung nur gegen denjenigen, welcher Elektrizität *abgiebt* (verkauft); die *Abnehmer* elektrischer Energie für den Fall der Verwendung unvorschriftsmässiger Messwerkzeuge strafrechtlich verantwortlich zu machen, erscheint nicht angängig, da sie zumeist nicht die erforderlichen technischen Kenntnisse und Einrichtungen besitzen werden, um sich von der Richtigkeit der Apparate überzeugen zu können, während dies bei den mit der Erzeugung und Abgabe elektrischer Energie sich befassenden Gewerbetreibenden vorausgesetzt werden muss. Ferner soll, abweichend von der erwähnten Bestimmung des Strafgesetzbuchs, neben der Strafe die Einziehung unvorschriftsmässiger Elektrizitätsmesser nicht ausgesprochen werden müssen, sondern nur zulässig sein. Die fraglichen Apparate haben einen so hohen Werth, dass ihre Einziehung nicht nur eine wesentliche Verschärfung der Strafe darstellt, sondern in der Regel für den Betheiligten viel härter sein wird als die Strafe selbst. Es würde daher unbillig sein, bei jedem geringfügigen, vielleicht unbeabsichtigten und entschuldbaren Verstosse gegen die Vorschriften die Einziehung eintreten zu lassen, vielmehr wird es dem Richter zu überlassen sein, in jedem Falle nach freiem Ermessen zu prüfen, ob eine ausreichende Veranlassung dazu vorliegt.

Zu § 13.

Soweit sich die Bestimmungen des Entwurfs auf die Festsetzung der Maasseinheiten und auf die der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zuzuweisenden Aufgaben beziehen, können sie alsbald in Kraft treten, da die Beeinträchtigung irgend welcher Interessen hierbei als ausgeschlossen zu betrachten ist. Anders liegen die Verhältnisse bezüglich der im § 6 enthaltenen verkehrspolizeilichen Vorschriften. Es ist vorauszusehen, dass die zur Zeit im Verkehre befindlichen elektrischen Messwerkzeuge den im § 6 vorgesehenen Anforderungen nicht durchgängig entsprechen werden, und es erscheint daher geboten, den Betheiligten eine angemessene Frist zu lassen, um ihre Messwerkzeuge mit den neuen Vorschriften in Einklang zu bringen. Demgemäss sieht der Entwurf im § 13 für das Inkrafttreten des § 6 und der auf ihm beruhenden strafrechtlichen Bestimmungen des § 12 einen späteren Zeitpunkt vor.

Referate.

Das Konkav-Gitter in der Sternspektrographie.

Von C. L. Poore und S. A. Mitchell. *Astrophys. Journ.* **7.** *S. 157. 1898.*

Die Benutzung von Diffraktionsgittern in der Sternspektralanalyse ist schon häufig versucht worden, jedoch mit verhältnissmässig wenig Erfolg. Der Grund hierfür liegt in dem beträchtlichen Lichtverluste, sodass nur die Spektra hellerer Sterne mit Hülfe dieser Methode untersucht werden können. Von den verschiedenen Konstruktionen, die hierbei möglich sind, scheint die Verwendung der „Objektivgitter", entsprechend den „Objektivprismen", noch die meisten Vortheile zu bieten wegen der vortheilhafteren Ausnutzung des Lichtes.

Die ersten Versuche dieser Art sind wohl in Potsdam angestellt worden, unter Anwendung eines aus feinen Drähten angefertigten Gitters von 13 Zoll Oeffnung vor dem Objektiv des Potsdamer Refraktors; über die hiermit erhaltenen Resultate, die nicht unbefriedigend ausgefallen sind, ist bisher noch nichts publizirt, da die betreffenden Versuche in Folge anderer Arbeiten vorläufig unterbrochen worden sind. Später hat Wislicenus in Strassburg mit sehr viel geringeren Hülfsmitteln ähnliche Versuche unternommen, über deren Resultate ebenfalls z. Z. nichts publizirt ist.

Die Verfasser haben nun den Versuch gemacht, reflektirende Konkavgitter, welche also Objektiv-Spiegel und Spektroskop unmittelbar vereinigt repräsentiren, zur Aufnahme

von Sternspektren zu benutzen. Die hierfür maassgebenden theoretischen Betrachtungen sind die folgenden.

Bezeichnet man mit ϱ den Krümmungsradius des Gitters, mit R und ν die sphärischen Koordinaten der Lichtquelle, mit r und μ diejenigen der Kurve, auf welcher die Spektra im Fokus sind, so ist die allgemeine Gleichung für Konkavgitter

$$r = \frac{R\,\varrho\cos^2\mu}{R(\cos\mu + \cos\nu) - \varrho\cos^2\nu},$$

oder

$$r = \frac{\varrho\cos^2\mu}{\cos\mu + \cos\nu - \frac{\varrho}{R}\cos^2\nu}.$$

Für einen Stern wird $R = \infty$ und folglich

$$r = \frac{\varrho\cos^2\mu}{\cos\mu + \cos\nu}.$$

Die bequemste Benutzung resultirt nun, wenn die Mitte der photographischen Platte in die Gitterachse gelegt ist, wobei $\mu = 0$ wird. Es ist dann

$$r = \frac{\varrho}{1 + \cos\nu}.$$

Für einen gegebenen Werth von ν ist r konstant, und diejenigen Theile des Spektrums, für welche $\cos\mu$ noch als 1 gesetzt werden kann, bilden sich also auf einem Kreise ab, dessen Radius gleich r ist. Bei der Benutzung von dünnen Glasplatten für die photographische Aufnahme können dieselben leicht in einer entsprechend konstruirten Kassette in die betreffende Kreisform gebogen werden; man erhält dann normale Spektra, d. h. solche, in denen die Wellenlängendifferenzen den linearen Differenzen proportional laufen.

Praktische Versuche haben die Verfasser mit einem kleinen Rowland'schen Konkavgitter von 1×2 Zoll Oeffnung und einem Krümmungshalbmesser von 1 Meter angestellt. Die erhaltenen Spektra, von denen Vergrösserungen reproduzirt sind, scheinen in Anbetracht der sehr geringen Dimensionen des Apparats recht gut ausgefallen zu sein. Allerdings musste, um das Spektrum vom Sirius genügend kräftig zu erhalten, 40 Min. exponirt werden. Da vorläufig die Grenze der Grösse von Konkavgittern sich bei etwa 3 bis 4 Zoll befindet, so dürfte allerdings auch diese Methode kaum eine Bedeutung in der praktischen Spektralanalyse der Fixsterne erlangen; immerhin aber sind die Versuche interessant und verdienen weiter fortgesetzt zu werden. *Sch.*

Photographisches Seismometer.

Von G. Agamennone. *Bollettino della Società Sismologica italiana.* **2.** *S. 279. 1897.*

Das neueste Modell dieses in unserer Zeitschrift bereits beschriebenen Apparates (vgl. *diese Zeitschr.* **13.** *S. 69. 1893*) hat gegenüber den älteren einige Verbesserungen erfahren. Das Gewicht des Pendels wurde bei 15 *cm* Durchmesser auf 15 *kg* gebracht, wodurch eine weit grössere Stabilität der Masse erreicht wird. Die Aufhängung ist trifilar; die drei Fäden laufen von einem Hütchen aus, das seinerseits an einem einzigen Faden hängt. Ein zur Pendelmasse konzentrischer Ring trägt vier Schrauben, zwei davon mit der Bestimmung, die Bewegung der Masse zu beschränken, die anderen zwei als Rückhalt für den Fall, dass die Fäden reissen sollten, und um das Herabfallen der Masse und Beschädigungen der unteren Theile zu verhindern. Der Uebertragungsapparat, der unter der Pendelmasse angeordnet ist, unterscheidet sich von den früheren Modellen dadurch, dass das Multiplikationspendel nicht mehr mit einer feinen Spitze auf einem Glashütchen ruht, sondern dass es durch eine sehr fein ausgeführte kardanische Aufhängung schwebend erhalten wird. Auf der Achse dieses Pendels sind zwei auf einander senkrecht stehende Spiegel befestigt, welche die photographische Registrirung der seismischen Bewegungen vermitteln. Der die photographische Registrirtrommel treibende Uhrmechanismus ist derselbe, wie der bei den Registririnstrumenten von Richard benutzte. *E. G.*

Aktinometrische Messungen der Sonnenwärme in den Alpen.

Von G. B. Rizzo. *Nuovo Cimento (4.)* **7.** *S. 120. 1898.*

Hr. Rizzo veröffentlicht in dieser Mittheilung die Resultate einer Reihe von absoluten Messungen über die Intensität der Sonnenstrahlung, welche er theils am 9. September 1896 in der Schutzhütte „Regina Margherita" am Monte Rosa in 4559 *m* Höhe, theils auf verschiedenen Stationen am Rocciamelone im Val di Susa Anfangs September 1897 ausgeführt hat. Betreffs der verwendeten Instrumente und Beobachtungsmethoden verweist Rizzo auf zwei besondere, ausführlichere Publikationen, die in den *Mem. della Società degli Spettroscopisti ital.* **26.** *1897 und* **27.** *1898* erschienen sind und wonach bei den Messungen am Monte Rosa das transportable Ångström-Chwolson'sche Aktinometer, bei den Beobachtungen am Rocciamelone dagegen der Violle'sche Apparat benutzt worden war.

Die aktinometrischen Beobachtungen auf dem Monte Rosa konnten am erstgenannten Tage bei sehr günstiger, klarer Witterung von $8^1/_2$ Uhr Morgens bis 2 Uhr Nachmittags durchgeführt werden; mittels der erhaltenen Beobachtungswerthe berechnet Rizzo nach drei verschiedenen Formeln — derjenigen von Pouillet-Forbes, dann der von Crova und von Bartoli — für die Werthe der Solarkonstanten, d. i. derjenigen Wärmemenge, welche an der Grenze der Atmosphäre in der Minute senkrecht auf ein Quadratcentimeter Fläche trifft, nachstehende Werthe in Gramm-Kalorien

3,133 (Forbes-Pouillet), 4,934 (Crova) und 2,424 (Bartoli).

Sowohl die von Forbes-Pouillet, als die von Crova und Bartoli aufgestellten Formeln stellen die Abhängigkeit der Sonnenstrahlung von der Dicke der durchstrahlten Atmosphärenschicht recht befriedigend dar, obwohl sie einzeln die ganz verschiedenen, eben gegebenen Grössen der Sonnenkonstanten liefern. Es folgt hieraus, dass eine einzige Formel, selbst wenn sie den täglichen Gang der aktinometrischen Messungen an einer Beobachtungsstation befriedigend wiedergiebt, doch nicht mit Erfolg zur Bestimmung der Solarkonstanten verwendet werden kann. Um weitere maassgebende Aufschlüsse in dieser Richtung zu erhalten, ist Rizzo der Ansicht, dass in erster Linie eine grössere Reihe gleichzeitiger, in möglichst verschiedenen Höhen über der Meeresfläche unter gleichen atmosphärischen Bedingungen anzustellender aktinometrischer Messungen ausgeführt werden müssten. Er wählte hierzu, wie bereits oben bemerkt, den vortrefflich gelegenen Rocciamelone im Susathal, dessen Höhe über Meer 3537 *m* beträgt; die vier an demselben gelegenen Beobachtungsstationen waren Mompantero (501 *m* Meerhöhe), Trucco (1722 *m*), Casa d'Asti (2834 *m*) und Vetta del Rocciamelone (3537 *m*). Jede derselben hatte ihren eigenen Beobachter, und so oft als möglich wurden vom 2. bis 6. September v. J. aktinometrische Messungen dort ausgeführt. Für die Rechnung konnten jedoch blos die am 5. September erhaltenen Beobachtungen benutzt werden, da nur an diesem Tage der Himmel eine völlig tadellose Beschaffenheit zeigte.

Es ergiebt sich nun nach Rizzo's Berechnung für die auf das Zenith reduzirte Sonnenstrahlung Q in absolutem Maasse (Gramm-Kalorien)

auf Mompantero	Trucco	Casa d'Asti	Rocciamelone
$Q = 1{,}605$	1,984	2,090	2,134

bei der atmosphärischen Masse von

$\mu = 0{,}950$	0,818	0,716	0,656 ,

woraus dann Rizzo für $\mu = 0$, d. h. für die Grenze der Atmosphäre einen Werth der Solarkonstanten von nahe 2,5 Gramm-Kalorien per Minute und Quadratcentimeter Fläche ableitet; er ist erheblich kleiner wie der bekannte Ångström'sche Werth (4 Kalorien), an dem wir schon seit Jahren festzuhalten gewohnt sind.

„Man darf aber immerhin nicht behaupten, sagt Rizzo am Schlusse seiner Mittheilung, dass jene von uns für die Grenze der Atmosphäre gefundene Grösse der Sonnenstrahlung (von etwa 2,5 Kal.) mit der wirklichen übereinstimmend sei, weil in dem ganzen

Komplexe der Sonnenstrahlen solche vorkommen, die schon auf ihrem Wege durch die Atmosphäre absorbirt werden, bevor sie an unsere höchsten Beobachtungsstationen gelangen. Um herauszufinden, welches die wahre Intensität der Sonnenstrahlung an der Grenze der Atmosphäre ist, müsste man offenbar zu der Solarkonstanten, welche mit Hülfe unserer gewöhnlichen aktinometrischen Mittel bestimmt wurde, noch die Summe der Strahlungen addiren, welche in den oberen Regionen der Atmosphäre zurückgehalten worden sind, ehe sie zu der höchsten Beobachtungsstation gelangten. Aber bis jetzt hat man leider keine genügenden Hülfsmittel, um diesen Theil des Problems der Messung der Sonnenkonstanten erfolgreich zu lösen.“ *J. M.*

Die Verflüssigung des Wasserstoffs und des Heliums.

Von J. Dewar. *Compt. Rend.* ***126.*** *S. 1408. 1898.*

Nachdem die Verflüssigung des Wasserstoffs bisher nur „dynamisch“ möglich war, ist es am 10. Mai d. J. Dewar gelungen, denselben auch „statisch“ zu kondensiren. Er benutzte dazu einen Apparat, welchen er zwar noch nicht beschreibt, welcher aber ähnlich dem Linde'schen Apparate zur Verflüssigung der Luft konstruirt zu sein scheint. Die Verflüssigung des Wasserstoffs gelang mit solchem Apparat bei — 205° C. unter einem Druck von 180 Atm., und zwar konnte der Wasserstoff in einer Menge von 20 *ccm* pro 5 Minuten in versilberten Gefässen, welche von luftleeren Doppelmänteln umgeben und aussen auf — 200° gehalten wurden, aufgefangen werden. Nach 5 Minuten wurde infolge der Aufhäufung der dem Wasserstoff noch beigemischten Luft der aus dem Apparat austretende Flüssigkeitsstrahl fest.

Der Wasserstoff ist eine klare, farblose Flüssigkeit, zeigt kein Absorptionsspektrum und sein Meniskus ist ebenso klar ausgebildet wie derjenige der flüssigen Luft. Die Flüssigkeit muss einen sehr hohen Brechungsindex und eine sehr grosse Dispersion besitzen und ihre Dichte scheint grösser als die theoretische (0,18 bis 0,12) zu sein.

Da keine Vorrichtungen getroffen waren, den Siedepunkt der Flüssigkeit zu bestimmen, so musste der Verf. sich damit begnügen, durch einige Experimente seine wirklich tiefe Lage darzuthun. Zunächst senkte er in die Flüssigkeit eine unten geschlossene, oben offene Röhre; dieselbe füllte sich sofort mit *fester* Luft. Auch flüssiger Sauerstoff, mittels einer Röhre in den flüssigen Wasserstoff eingetaucht, erstarrte gleichfalls zu einem blauen Körper.

Der zweite Versuch wurde mit einer mit Helium gefüllten Röhre angestellt; auch dieses kondensirte sich sofort nach seinem Eintauchen in den flüssigen Wasserstoff zu einer deutlichen Flüssigkeit. Es scheint hiernach, dass keine grosse Differenz zwischen den Siedepunkten des Heliums und des Wasserstoffs besteht.

Am 12. Mai wurden die Versuche unter den gleichen Bedingungen wiederholt, und zwar gelang es in wenigen Augenblicken, 50 *ccm* flüssigen Wasserstoffs zu sammeln. Ein Wattebausch, in die Flüssigkeit eingetaucht und angezündet, brannte mit einer grossen Wasserstoffflamme. Brachte man ihn indessen zwischen die Pole eines Elektromagneten, so zeigte er sich stark magnetisch; doch ist dies nicht dem im Wattebausch enthaltenen Wasserstoff zuzuschreiben, sondern die Erscheinung rührt daher, dass sich die Oberfläche des Wattebausches mit einer Schicht fester Luft bedeckt.

Lässt man übrigens den flüssigen Wasserstoff einige Zeit im offenen Gefässe sieden, so bildet sich in demselben ein Nebel von fester Luft, welche sich als weisser Belag auf dem Boden des Gefässes niederschlägt. Ist aller Wasserstoff verdampft, so wird die feste Luft zuerst flüssig und verdampft dann auch ihrerseits.

Mit Wasserstoff als Kühlmittel wird man sich dem absoluten Nullpunkt bis auf 20° bis 30° nähern können, und seine Benutzung wird den wissenschaftlichen Untersuchungen ein weites Feld eröffnen. Nach Verflüssigung des Wasserstoffs ist nunmehr jedes bekannte Gas kondensirbar. *Schl.*

Magnetische Eigenschaften von gehärtetem Stahl.

Von S. Curie. *Compt. rend.* **125.** *S. 1165. 1897.*

Die Verfasserin hat verschiedene Stahlsorten nach einem wohldefinirten Härteverfahren auf ihre magnetischen Eigenschaften untersucht. Sie verwandte Stäbe und Ringe, die durch eine Platinspirale auf eine hohe Temperatur gebracht und dann in Wasser abgelöscht wurden. Dabei wurde gleichzeitig die Magnetisirung, die durch den erhitzenden Strom hervorgerufen wurde, mit einer Magnetnadel gemessen. Diese Versuche zeigten, dass man einen Stahlstab bis über den Punkt der sogenannten magnetischen Umwandlung hinaus erhitzen muss, um ihn härten zu können (etwa 800°).

Die erste Reihe von Messungen umfasst Stahlsorten mit verschiedenem Kohlegehalt. Es ergaben sich folgende Resultate:

a) mit wachsendem Kohlegehalt nimmt die Koërzitivkraft bis zum Gehalt 1,2% zu, dann nimmt sie wieder ab;

b) die Remanenz nimmt mit wachsendem Kohlegehalt zunächst zu, erreicht bei 0,5% ein Maximum und fällt dann wieder;

c) die maximale Intensität nimmt dauernd mit wachsendem Prozentgehalt ab;

d) die Hysteresis wächst mit dem Prozentgehalt und scheint bei 1% ein Maximum zu erreichen.

Legirt man den Stahl mit Metallen, so erfährt dadurch die Remanenz nur geringe Aenderungen, die maximale Induktion wird dagegen verringert und die Koërzitivkraft erhöht. Während Legirungen mit Nickel, Chrom und Kupfer keine allzu starke Aenderung hervorriefen, wird der Stahl durch Legiren mit Wolfram und Molybdän erheblich verbessert. Für Stahl, welcher nur Kohle enthält, kann man eine Koërzitivkraft 60 erreichen, für Wolframstahl erreicht man 70 bis 74, für Molybdänstahl 80 bis 85. Bisher pflegte man für permanente Magnete vornehmlich Wolframstahl zu verwenden. Diese Untersuchung zeigt, dass man mit Molybdänstahl noch bessere Resultate erzielen würde. *E. O.*

Der Ziegler-Hager'sche Tacheograph.

Engineering **65.** *S. 558. 1898.*

Das Instrument ist vom Referenten in dieser Zeitschrift ausführlich beschrieben worden (**14.** *S. 242. 1894*); es genügt deshalb, darauf aufmerksam zu machen, dass es in der letzten Zeit einige Abänderungen erfahren hat. So ist z. B. der Höhenbogen Q der Figur *a. a. O.* durch einen kleinen Vollkreis ersetzt (ohne dass übrigens der damit verbundene Vortheil durch Anbringung *zweier* Nonien ausgenutzt wäre); die Schraube S ebenda zur Hebung des ganzen oberen Theils, nämlich des Fernrohrs nebst der Schraube T u. s. f., ist nicht mehr oben am Rahmen R, sondern es ist ein seitlicher Trieb und eine senkrechte Zahnstange dazu vorhanden u. s. w. In allem Wesentlichen ist aber das Instrument nicht verändert. Betont wird — und man darf den fleissigen Verfertiger dieses Distanzmessers, Hrn. Hager in Luxemburg, dazu beglückwünschen — dass das Instrument in Frankreich, Luxemburg (Staatseisenbahn) und Deutschland seinen Weg mache; die Verbreitung in Deutschland scheint aber, wenigstens soweit dem Ref. bekannt ist, bis jetzt doch nur sehr gering zu sein. Ueber Leistungen in Bezug auf Genauigkeit und Geschwindigkeit der Messung wird auf Grund von Versuchsmessungen nichts mitgetheilt. Die Ergebnisse des französischen „*Concours*" (*a. a. O. S. 247*) sind meines Wissens immer noch nicht veröffentlicht worden, obgleich dies zur Beurtheilung der verschiedenen Tachymeterkonstruktionen nach Quantität und Qualität der Leistungen sehr erwünscht wäre. *Hammer.*

Ein neues Tachymeter, System Hornstein.

Von F. Netuschill. *Zeitschr. f. Vermess.* **27.** *S. 20. 1898.*

Das Instrument kombinirt die Prinzipien der Tangentenschraube und der vertikalen Basis am Instrument, die beide seither nur getrennt angewendet worden sind. Der sehr

kleine Parallaxenwinkel (von nur $^1/_{1000}$; beim gewöhnlichen Fadendistanzmesser nimmt man bekanntlich meist $^1/_{100}$) erscheint für genaue Messungen nicht genügend. Doch möchte der Ref. der Mittheilung von Versuchsmessungen, die vorläufig noch fehlt, nicht vorgreifen.

Hammer.

Auftrageapparat für tachymetrische Aufnahmen.

Von W. Semmler. *Ebenda* **27.** *S. 145. 1898.*

Neuer Auftrageapparat für ebene Polarkoordinaten, von Hamann in Friedenau ausgeführt. Hübsch ist die Vermeidung der Nadel-Zentrirung (sodass man, von andern Vortheilen abgesehen, alle Vektoren-Maasse, auch die kleinsten, absetzen kann), ferner die Anbringung von vier äusseren Quadrantenmarken. Der Nonius giebt 1'; die Theilung der Vektorspeiche geht nur bis 180 *m* (1:1000). *Hammer.*

Neuerung am Kompensations-Planimeter.

Von Landmesser Lang. *Ebenda* **27.** *S. 147. 1898.*

Mechaniker G. Coradi in Zürich fertigt auf Lang's (des Erfinders des Kompensations-Planimeters) Anregung jetzt auch Polarplanimeter mit veränderbarer Polarm-Länge an. Der eine Grund dieser Neuerung und der damit erreichbare Vortheil liegt auf der Hand: man kann bei „Pol innen“ *C* gleich einer runden Zahl machen, z. B. gleich genau 2000 *qcm*. Ausserdem gestattet der verlängerte Arm bessere Anwendung des Instruments auf grosse, besonders langgestreckte Figuren. Wenn das Instrument richtig (d. h. von derselben Polstellung aus in beiden Fahrstangenlagen) verwendet wird, so ist, wie auch der Verf. angiebt, die Genauigkeit der Flächenbestimmung mit Pol innerhalb eben so gross, wie mit Pol ausserhalb; für sehr grosse Figuren kann sie, wie abermals hervorgehoben sei, sogar relativ grösser werden. *Hammer.*

Neu erschienene Bücher.

Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik und Meteorologie. II. Bd. 1. Abth.: Die Lehre vom Licht. 9. umgearbeitete und vermehrte Auflage von L. Pfaundler, unter Mitwirkung von O. Lummer. XX, 1193 S. mit 861 Fig. und XII Tafeln. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1897.

Die neue Auflage der Optik des Müller-Pouillet'schen Lehrbuchs verlangt eine genauere Besprechung, da hier nicht nur einige Aenderungen und Zusätze zu verzeichnen sind. Insbesondere die Lehre von den optischen Instrumenten, sowie auch die theoretischen Grundlagen, auf denen dieselbe sich aufbaut, haben eine wesentlich weitergreifende und tiefergehende Darlegung gefunden. So ist die Gauss'sche Linsentheorie, welche bisher nur mit einem kurzen Hinweis bedacht war, eingehend entwickelt. Die von der Strahlenbegrenzung abhängigen Eigenschaften eines optischen Systems, Gesichtsfeld, Helligkeit, Tiefe und Perspektive erfahren eine besondere allgemeine Erörterung, welche die Regeln für die richtige Bestimmung dieser Eigenschaften bei den verschiedenen Instrumenten an die Hand giebt. Die Theorie der Abbildungsfehler der Linsen und deren Hebung, welche für die praktische Optik von so grosser Wichtigkeit ist, beschränkte sich früher auf einige spärliche Bemerkungen über sphärische und chromatische Abweichung; auch diese Theorie wird in ihren wichtigsten Zügen erläutert und besonders durch die ausführliche Behandlung der photographischen Objektive in das rechte Licht gerückt. Die Resultate der geometrischen Optik bedürfen endlich einer tieferen Begründung, zum Theil auch der Ergänzung, welche nur auf dem Boden der Wellentheorie des Lichts gegeben werden kann; dementsprechend sind die Grundlehren der letzteren an früherer Stelle gegeben, ausserdem das Kapitel: „Abbildung im Sinne der Wellentheorie“ und der Abschnitt: „Abbildung nicht selbstleuchtender Objekte“ eingeschaltet. Aber auch in den übrigen Theilen des Buches haben die Verfasser manche Artikel überarbeitet, ergänzt oder neu hinzugefügt, worauf

unten noch näher eingegangen wird, ebenso hat die Anordnung des Stoffs vielfache Umänderungen erfahren. Die Beschreibungen und Abbildungen älterer Instrumente sind durch neuere ersetzt, auch hier ist vieles neu aufgenommen. Die historischen Notizen sind etwas reichlicher gehalten, gewöhnlich den einzelnen Kapiteln als Einleitung vorausgeschickt.

Es möge jetzt auf den Inhalt der neuen Auflage etwas näher eingegangen werden. Im 1. Kapitel sind die Abschnitte über Lichtstrahlung und Photometrie einer durchgreifenden Umarbeitung unterzogen und erheblich erweitert worden. Die nächsten beiden Kapitel über Reflexion und Brechung des Lichts zeigen eine veränderte Anordnung des Stoffs; zunächst werden die Erscheinungen an *ebenen* Flächen, darauf an *Kugel*-Flächen behandelt. Hervorhebung verdient, dass die Abbildung durch spiegelnde und brechende Ebenen eingehender als gewöhnlich dargestellt ist, sodass sie gewissermaassen die Einleitung zur Theorie der Linsen und Kugelspiegel bildet. Bei der Besprechung des Sextanten hätte wohl der Strahlengang für die Erzeugung von Doppelbildern etwas näher erläutert werden können, zumal dies auch später beim Ophthalmometer, der Camera lucida und dem Rochon'schen Mikrometer in Betracht kommt. Die Bemerkungen über Reflexionskreise enthalten einige Ungenauigkeiten. Das Instrument von C. A. Steinheil (*Astron. Nachr. Nr. 243. 1834*) ist älter und zeigt eine wesentlich andere Konstruktion als das hier beschriebene von Pistor & Martins (*Astron. Nachr. Nr. 548. 1846*). Die Linsentheorie wird eingeleitet durch die Abbildung bei *einer* spiegelnden oder brechenden Kugelfläche, worauf zur Behandlung des allgemeinen Falls eines zentrirten Systems von beliebig vielen brechenden Kugelflächen übergegangen wird. Mit Hülfe elementargeometrischer Betrachtungen werden die Eigenschaften der optischen Abbildung in sehr vollständiger Weise diskutirt und die wichtigsten Maassbeziehungen abgeleitet. Ein besonderer Abschnitt ist der Zusammensetzung zweier optischer Systeme zu einem Gesammtsystem, speziell auch einem teleskopischen, gewidmet. Zuletzt werden die allgemeinen Sätze an dem Sonderfall einer einfachen Linse verifizirt. Den Konstruktionen zur Auffindung von Lage und Grösse der Bilder, sowie den Methoden zur Bestimmung der Krümmungsradien und Brennweiten ist gebührende Rücksicht geschenkt.

Das Kapitel über Dispersion ist durch die Untersuchungen über Reinheit und Helligkeit des Spektrums, über Strahlengang im Spektrometer und über Beziehungen zwischen Absorption und Dispersion ergänzt worden. Der Besprechung der Methoden und Apparate zur Bestimmung des Brechungsexponenten, die auf der Messung des Grenzwinkels der Totalreflexion beruhen, ist mit Recht ein wesentlich grösserer Platz eingeräumt; auch einige neuere Spektrometer (Abbe, Wanschaff) sind aufgenommen. Der Abschnitt über die Abhängigkeit des Brechungsexponenten vom physikalischen Zustande und der chemischen Konstitution der Körper ist entsprechend den neueren Forschungen überarbeitet worden. Die Dispersionsverhältnisse bei den Gläsern, insbesondere den Jenaer Gläsern, werden eingehend erörtert; die Auswahl der letzteren für die aufgenommene Tabelle (*S. 264*) scheint dem Ref. jedoch etwas einseitig, als wenn es nur auf den Gang der Dispersion ankäme; die für die photographische Optik wichtigen neuen Gläser fehlen hier gänzlich. Die Darstellung der Spektralanalyse zeigt wenig erhebliche Änderungen; das Spektrum der Sonne ist ausführlicher behandelt, auch eine Wellenlängentabelle auf Grund neuerer Messungen eingefügt.

Im 6. Kapitel ist der Abschnitt über die aktinische Wirkungen des Lichts durch eine grössere Anzahl von Beispielen bereichert. Das heute meist übliche photographische Verfahren wird genauer geschildert, auch die orthochromatische und die Farbenphotographie besprochen. Der Dreifarbendruck hätte wohl eine etwas gründlichere Auseinandersetzung verdient.

In den beiden folgenden Kapiteln werden die fundamentalen Vorstellungen und Sätze der Wellentheorie des Lichts entwickelt, um den Gültigkeitsbereich der Grundgesetze der geometrischen Optik genauer abzugrenzen. Desgleichen wird im Anschluss an E. Abbe untersucht, unter welchen Voraussetzungen bei selbstleuchtenden Objekten die früher gewonnenen Sätze über optische Abbildung auch vom Standpunkt der Wellentheorie gerechtfertigt erscheinen.

Das 9. Kapitel bringt zunächst die aberrationsfreien spiegelnden und brechenden Flächen und einige einfache Fälle aus der Theorie der Kaustiken, so auch die Theorie des Regenbogens, wobei mit Recht auf die beschränkte Bedeutung der gewonnenen Resultate hingewiesen wird. Es wird dann die astigmatische Deformation eines unendlich dünnen Büschels und deren Realisirung durch die Brechung an Zylinderlinsen und die schiefe Brechung an Kugelflächen behandelt.

Im nächsten Kapitel werden die Abbildungsfehler einer Linse und deren Beseitigung besprochen, zunächst für einfarbiges Licht. Verf. beginnt mit der von S. Czapski gegebenen Darstellung der Theorie; er hält diese besonders für die aus Objektiv und Okular zusammengesetzten Apparate geeignet, während er als Theorie der Bildfehler eines photographischen Objektivs die von Seidel erweiterte Gauss'sche Abbildungstheorie giebt, bei der noch die 3. Potenzen der Neigungswinkel der Strahlen berücksichtigt werden. Hier hätte wohl auch J. Petzval's gedacht werden müssen, der schon vor Seidel diesen Weg betrat; wenn er auch über seine Untersuchungen nur wenig mitgetheilt hat, so ist er wohl der einzige, der auf diesem Weg einen grossen praktischen Erfolg erzielt hat, während ja die Erfolge A. Steinheil's und P. Rudolph's mit Hülfe trigonometrischer Durchrechnung erreicht sind. Die Abbildungsfehler infolge der Farbenzerstreuung haben im Anschluss an S. Czapski eine recht vollständige Behandlung gefunden. Nicht nur die Chromasie der Schnittweiten und Brennweiten, sondern auch die Hebung der chromatischen Differenz des Aplanatismus wird berücksichtigt.

Zum Schluss wird noch die Berechnung eines zweilinsigen Fernrohrobjektivs kurz besprochen und die chromatische und sphärische Aberration für ein Gauss'sches Objektiv bestimmt, statt dessen vielleicht ein Fraunhofer'sches Objektiv Manchem willkommener gewesen wäre. Die Bedingungen für Verzeichnungsfreiheit sind in diesem Kapitel nur unvollständig erörtert, indem später (*S. 754*) für die Erklärung der Verzeichnung einer einfachen Linse ein wesentlich neues Moment, die sphärische Aberration der Pupillen, benutzt wird. Bei der Besprechung der Verzeichnung symmetrischer Objektive (*S. 773*) wird dieser Umstand wieder vernachlässigt; so wird das unrichtige Resultat erlangt, dass dieselben *absolut* verzeichnungsfrei sind. Die Art, wie Verf. die Verminderung der sphärischen Aberration durch Vertheilung der Brechung auf mehrere Flächen und das Auftreten der chromatischen Differenz der sphärischen Aberration bei einem Achromaten zu erklären sucht, scheint dem Ref. den Kern der Sache nicht recht zu treffen.

Das Kapitel über das Auge und die Gesichtsempfindungen ist durch die Abschnitte über die Helligkeit gesehener Flächen und Punkte, das Augenleuchten und den Augenspiegel, das perspektivische Bild gesehen mit *einem* Auge und das Telestereoskop erweitert. Die verschiedenen Stereoskopkonstruktionen sind hinsichtlich ihrer Wirkungsweise eingehender gewürdigt. Die Farbenlehre ist auf Grund der neueren Arbeiten A. König's und seiner Mitarbeiter von ersterem umgearbeitet. Desgleichen ist E. Hering's Farbentheorie von dem Urheber in einem besonderen Abschnitt dargelegt.

In dem Kapitel über die Strahlenbegrenzung und die von ihr abhängige Lichtwirkung optischer Systeme werden zunächst die grundlegenden Begriffe: Eintritts- und Austrittspupille, Gesichtsfeld- und Aperturblende, Vergrösserungskraft klargestellt. Der Begriff der Hauptstrahlen und der Zentren der Perspektive erscheint dem Ref. etwas zu speziell gefasst, als wenn der optische Schwerpunkt der Eintrittspupille immer auf der optischen Achse läge; bei einer weiteren Fassung wäre wohl das Zustandekommen eines stereoskopischen Effekts beim binokularen Mikroskop (*S. 838*) besser beurtheilt worden.

Die Aufsuchung der für Gesichtsfeld und Apertur wirksamen Blenden wird im Allgemeinen richtig auseinandergesetzt; nur für die optischen Apparate in Verbindung mit dem Auge (*S. 672*) benutzt Verf. merkwürdiger Weise nicht den einfachen Weg, das Auge und den Apparat als *ein* optisches Gesammtsystem aufzufassen und darauf die gefundenen Regeln anzuwenden. Infolge dessen ermangelt auch die spätere Darstellung der Strahlenbegrenzung beim Galilei'schen Fernrohr (*S. 850*) der Uebersichtlichkeit und Klarheit. Im 2. Theil des

Kapitels werden die allgemeinen Gesetze über die Lichtstärke optischer Instrumente und die Helligkeit der durch solche gesehenen Bilder entwickelt. Im letzten Theil wird die Abbildung nicht selbstleuchtender Objekte nach E. Abbe behandelt, wobei die diesbezüglichen Verhältnisse beim Mikroskop besonders berücksichtigt sind. Es sei darauf aufmerksam gemacht, dass das Beugungsspektrum, welches mit der Abbe'schen Diffraktionsplatte beim direkten Hineinsehen in den Tubus über dem Mikroskopobjektiv beobachtet wird, unrichtig abgebildet ist (*S. 713*); ebenso verfehlt ist die zugehörige Erklärung: „Entsprechend der Beugungstheorie ist die Zahl dieser Spektra für das engere Beugungsgitter *doppelt* so gross wie für das weitere, und zwar liegen diese *oben*, da das Objektiv des Mikroskops von der Diffraktionsplatte ein umgekehrtes Bild entwirft". Die Sache verhält sich vielmehr im Wesentlichen so: Das Auge befindet sich bei dieser Beobachtungsart ungefähr am Ort des vom Objektiv entworfenen Bildes der Diffraktionsplatte, aus welchem durch die Pupille ein kleines Stück abgegrenzt wird. Je nachdem dies Stück in dem Gesichtsfeldtheile mit der einfachen oder doppelten Linienzahl liegt, sieht das Auge eine Reihe Beugungsspektra in einfachem oder doppeltem Abstande von einander, deren Länge übrigens durchweg gleich der des mittleren ungebeugten Streifens ist. Bewegt sich das Auge über die Grenze der beiden Gesichtsfeldtheile, so erscheint bezw. verschwindet fast plötzlich der eine Theil der Beugungsspektra.

Die Lehre von den optischen Instrumenten beginnt mit der Theorie der photographischen Objektive. Nachdem die wichtigen Eigenschaften der Helligkeit und Tiefe erörtert sind, auch auf Spiegelflecke und Fokusdifferenz eingegangen ist, wird die Bilderzeugung der Lochkamera auf beugungstheoretischer Grundlage auseinandergesetzt und die Leistung derselben in Bezug auf Helligkeit und Schärfe mit dem Petzval'schen Portraitobjektiv verglichen. Es wird dann eine Uebersicht über die verschiedenen Typen photographischer Objektive und die bei ihnen verwirklichten Konstruktionsprinzipien gegeben, wobei insbesondere das Aplanat- und Anastigmatprinzip genauer besprochen werden. Der Schlussabschnitt über das Teleobjektiv scheint dem Ref. etwas zu kurz ausgefallen zu sein, zumal dasselbe ein interessantes Beispiel für die im 5. Kapitel behandelte Zusammensetzung zweier optischer Systeme bietet. Es mag noch auf einige kleine Versehen im 13. Kapitel hingewiesen werden. Fig. 470 stellt nicht das ursprüngliche Petzval'sche Objektiv dar, sondern die nach Vorgang von J. H. Dallmeyer 1866 von F. Voigtländer 1885 eingeführte abgeänderte Form. Das Orthoskop von J. Petzval (*S. 771*) ist doch wohl mehr als eine Abänderung seines Portraitobjektivs. Die Bemerkungen über Chevalier's Doppelobjektiv (*S. 766*) sind unrichtig; die Brennweitenänderung erfolgte weder durch Abstandsänderung der Linsen, noch durch Wechsel der Hinterlinse, sondern allein durch Wechsel der Vorderlinse. Der Abfall der Helligkeit des Bildes nach dem Rande des Gesichtsfelds (*S. 734*) ist unvollständig erörtert; die allgemeine Abnahme mit der Neigung w des Hauptstrahls gegen die Achse (gewöhnlich als proportional $\cos^4 w$ angegeben) kann doch nicht vernachlässigt werden. Es folgt nun die Beschreibung der Projektionsapparate. Der Strahlengang ist nur mangelhaft erörtert; der in Fig. 500 für den Apparat von Duboscq allerdings richtig gezeichnete Strahlengang dürfte wohl nicht der zweckmässigste sein; die deutschen Optiker wenigstens lassen im Allgemeinen den Kondensor das Bild der Lichtquelle am Ort des Projektionssystems bezw. dessen Eintrittspupille entwerfen. Der Artikel über Projektionsmikroskope und Mikrophotographie mit den Abbildungen veralteter Apparate erscheint dem Ref. etwas dürftig. In dem Abschnitt über Lupe und Mikroskop haben die Gesichtsfeld- und Helligkeitsverhältnisse mehr Berücksichtigung wie früher gefunden: die eigenthümlichen Vortheile, welche die Vertheilung der Leistung auf Objektiv und Okular in dioptrischer Hinsicht bietet, werden hervorgehoben. Auch der Artikel über das Fernrohr weist manche Zusätze und Aenderungen auf. Neu aufgenommen am Schluss ist die Beschreibung des Fokometers von Abbe und der Schlierenapparate von Töpler und Abbe.

Bei der Lehre von der Interferenz des Lichts ist die Behandlung der Haidinger'schen Interferenzringe, deren Theorie von Mascart und später unabhängig von O. Lummer

gegeben wurde, hinzugekommen, ebenso die Beschreibung verschiedener Instrumente (Abbe's Interferenzapparat, Jamin's Interferenzrefraktor und Abbe-Fizeau's Dilatometer), endlich noch ein Bericht über die Arbeiten Michelson's zur Bestimmung des Meter in Wellenlängen. Bei den Polarisationserscheinungen sind auch Apparate zur objektiven Demonstration berücksichtigt. Ferner ist ein Abschnitt eingeschaltet, der die Huyghens'sche Konstruktion für einachsige Krystalle an einer Reihe Spezialfälle durch schöne perspektivische Zeichnungen erläutert. Auch die wichtigsten Resultate der Arbeiten F. Lippich's über polaristrobometrische Methoden und Apparate haben Aufnahme gefunden.

Aus dem Vorstehenden dürfte zur Genüge erhellen, eine wie erhebliche inhaltliche Vermehrung und durchgreifende Umarbeitung das Werk entsprechend dem heutigen Stande der Optik erfahren hat. War doch in Hrn. Lummer ein Mitarbeiter gefunden, der sowohl auf den verschiedenen Gebieten der Optik wissenschaftlich thätig gewesen, als auch den Fragen und Aufgaben der praktischen Optik nicht fremd war. Das Buch bietet so namentlich denen, die sich für instrumentelle Optik interessiren, wesentlich reichere und tiefere Belehrung, als sie sonst aus populären Lehrbüchern geschöpft werden kann. Manches scheint freilich dem Ref. über den Rahmen eines für weitere Kreise bestimmten Werks hinauszugehen; die Durchrechnung eines Fernrohrobjektivs dürfte doch nur für einen engeren Kreis grösseres Interesse bieten. Sind die symmetrischen Anastigmate wirklich von so grosser theoretischer Bedeutung oder zeigen dieselben so erhebliche Unterschiede, dass es *fünf* verschiedener Abbildungen zu ihrer Darstellung bedurfte? So unumgänglich ferner für die vollständige Theorie der optischen Instrumente die wellentheoretische Untersuchung der Abbildung ist, so bleibt es in didaktischer Hinsicht doch ungünstig, dass die fortlaufende Darlegung der Lehren der geometrischen Optik dadurch unterbrochen und die Behandlung der Interferenz- und Beugungserscheinungen sehr zersplittert wird. Der Ton einer populären Darstellung ist vielfach recht gut getroffen, die Definitionen und Gesetze sind möglichst präzis ausgesprochen, die Auseinandersetzungen sind meist recht gründlich und ausführlich gehalten. Zuweilen leidet jedoch die Darstellung an einer gewissen Breite, Wiederholungen werden nicht immer vermieden; namentlich die etwas eintönigen lobenden Bemerkungen über die verschiedenen Typen photographischer Objektive wirken ermüdend und erinnern in ihrer unbestimmten Allgemeinheit oft an die Sprache mancher photographischen Kataloge.

Wenn das Buch nun auch in den neu bearbeiteten Theilen noch einige Mängel zeigt, so möge man berücksichtigen, dass die Verf. sich ein hohes Ziel gesteckt hatten und einen besonders schwierigen und umfangreichen Stoff zu behandeln hatten. *A. K.*

Wiedemann, Die Lehre von der Elektrizität. 2. Aufl. Zugleich als 4. Aufl. der Lehre vom Galvanismus u. Elektromagnetismus. 4. Bd. gr. 8°. XIII, 1237 S. m. 269 Holzst. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 32,00 M.

Handbuch der chemischen Technologie. Hrsg. v. Dammer. 5 Bände. 4. Bd. gr. 8°. VIII, 668 S. m. 345 Fig. Stuttgart, F. Enke. 17,00 M.

Neumann, Die elektrischen Kräfte. Darlegung u. genauere Betrachtungen der v. hervorrag. Physikern entwickelten mathemat. Theorieen. 2. (Schluss-) Theil. Ueber die v. v. Helmholtz in seinen älteren u. seinen neueren Arbeiten angestellten Untersuchungen. gr. 8°. XXXVII, 462 S. Leipzig, B. G. Teubner. 14,00 M.

Salmon, Analytische Geometrie des Raumes. Deutsch bearb. v. Fiedler. 1. Thl. Die Elemente u. die Theorie der Flächen 2. Grades. 4. Aufl. gr. 8°. XXIV, 448 S. m. Fig. Leipzig, B. G. Teubner. 8,00 M.

Medicus, Einleitung in die chemische Analyse. Zum Gebrauche beim Unterricht in chemischen Laboratorien. 8. u. 9. Aufl. gr. 8°. VIII, 158 S. m. 4 Abbildungen. Tübingen, G. Laupp. 2,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVIII. Jahrgang. **August 1898.** Achtes Heft.

Zur Behandlung des Silbervoltameters und seine Verwendung zur Bestimmung von Normalelementen.

Von
Dr. **K. Kahle** in Charlottenburg.

Die vorliegende Arbeit entstand aus dem Bedürfniss, die von mir mittels des Helmholtz'schen Elektrodynamometers absolut bestimmte E.M.K. des Clark-Elementes[1]) auch aus dem elektrochemischen Aequivalent des Silbers abzuleiten und somit auch auf indirektem Wege eine absolute Bestimmung des letzteren zu gewinnen. Zu diesem Zwecke konnten die älteren silbervoltametrischen Messungen des Clark-Elementes nicht benutzt werden, da sie an weniger genau definirten Elementen und bei veränderlichen Temperaturen vorgenommen worden sind, die besonders bei den älteren Elementen eine gefährliche Fehlerquelle bilden. Es empfahl sich vielmehr, die Elemente unter denselben Verhältnissen wie bei der absoluten Bestimmung mit Hülfe des Elektrodynamometers zu benutzen. Es sind daher hier dieselben H-förmigen Elemente, wie damals, verwandt, die dauernd auf 0° gehalten wurden. Unter diesen Umständen beträgt die den Elementen anhaftende Unsicherheit nach den bisher gesammelten Erfahrungen[2]) nicht mehr als $^1/_{10000}$, und mit gleicher Genauigkeit lassen sich die für den vorliegenden Zweck nöthigen Widerstands- und Zeitmessungen leicht ausführen. Unsicherheiten in den Versuchsergebnissen von grösserem Betrage müssen auf die voltametrische Strommessung zurückgeführt werden. Die Untersuchung liefert daher gleichzeitig ein Bild der Genauigkeit, die sich mit dem Silbervoltameter erzielen lässt.

Ueber die Behandlungsweise des Silbervoltameters liegen bereits Arbeiten von Schuster und Crossley[3]) und von Myers[4]) vor, die sich hauptsächlich mit dem Einfluss des Sauerstoffs der Luft auf die Menge des niedergeschlagenen Silbers beschäftigen. Dieser Frage wurde hier keine Beachtung geschenkt, sondern lediglich die Verhältnisse beim Arbeiten mit dem Silbervoltameter an freier Luft studirt.

Es zeigten sich dabei mehrere Fehlerquellen, die sich auch bei verschiedener Behandlung zweier hintereinander geschalteter Voltameter bemerkbar gemacht hätten, die hier aber um so deutlicher wurden, da man ausser den Differenzen der Niederschläge auch ihren absoluten Werth berücksichtigen konnte.

---

[1]) Kahle, *Wied. Ann.* **59.** *S. 532. 1896; diese Zeitschr.* **17.** *S. 97. 1897.*

[2]) Kahle, *diese Zeitschr.* **12.** *S. 117. 1892;* Callendar und Barnes, *Proc. of Roy. Soc.* **62.** *S. 117. 1897;* Jaeger und Kahle, *diese Zeitschr.* **18.** *S. 161. 1898.*

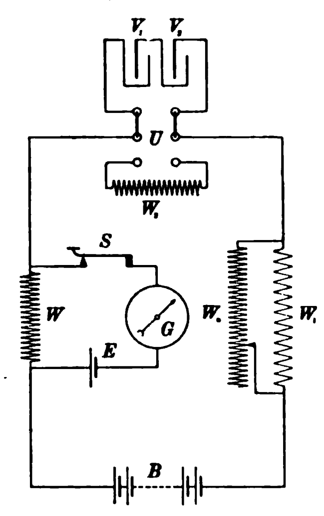
[3]) Schuster und Crossley, *Proc. of Roy. Soc.* **50.** *S. 344. 1892.*

[4]) Myers, *Wied. Ann.* **55.** *S. 288. 1895.*

Im Folgenden sollen zunächst nähere Einzelheiten über die Vornahme der Versuche, dann die dabei gesammelten Erfahrungen und schliesslich die als einwurfsfrei zu betrachtenden Versuchsergebnisse mitgetheilt werden.

I. Versuchsanordnung.

Die nebenstehende Figur zeigt die für den vorliegenden Zweck übliche Versuchsanordnung. Im Kreise der Akkumulatoren-Batterie *B* von 32 *V.* liegen: 1. Der Kompensationswiderstand *W* von 4 *Ohm*, von dessen Enden ein Stromkreis mit dem Clark-Elemente *E*, dem Galvanometer *G* und dem Stromschlüssel *S* abzweigt; 2. der Umschalter *U*, der entweder die beiden Voltameter V_1 und V_2 oder den ihnen annähernd gleichen Widerstand W_2 einzuschalten gestattet; 3. der Ballastwiderstand W_1 von etwa 100 *Ohm*, zu dem behufs feinerer Regulirung ein Stöpselrheostat W_n parallel liegt.



Der Strom durchfloss vor Beginn der Elektrolyse längere Zeit die Widerstände W_1 und W_2 und wurde dabei so regulirt, dass er das Clark-Element *E* an den Enden von *W* kompensirte. Hatte er einen konstanten Werth angenommen, so wurde er in einem bestimmten Zeitpunkte auf die Voltameter und nach Ablauf einer bestimmten Zeit wieder auf W_2 geschaltet. Während der Elektrolyse wurde seine Stärke dauernd mit Hülfe des Galvanometers *G* kontrolirt und erforderlichen Falls durch Aenderung von W_n regulirt. Dies war jedoch nur in einigen Fällen zu Beginn der Elektrolyse nöthig, im weiteren Verlauf derselben blieb der Strom fast unverändert.

Zu den Messungen wurden die drei H-förmigen Clark-Elemente Nr. 8, 53 und 70 benutzt, deren Temperatur mittels der früher *a. a. O.* beschriebenen Einrichtungen auf 0° gehalten wurde. An Stelle des Elementes Nr. 8 traten zuweilen neuere Elemente, um etwaige zeitliche Aenderungen der älteren Elemente feststellen zu können. Bei den häufiger vorgenommenen Vergleichungen wurden nie Abweichungen vom Mittelwerthe festgestellt, die $^1/_{10000}$ der E.M.K. überschritten.

Der Widerstand *W* ist der ebenfalls früher *a. a. O.* benutzte Manganin-Widerstand Nr. 748 von O. Wolff in Berlin.

Als Galvanometer dienten im Laufe der Zeit verschiedene Instrumente mit Empfindlichkeiten von 3 bis 20 Skalentheilen für $^1/_{10000}$ *V.*

Die Kathoden der Voltameter bildeten Platingefässe. Zwei von ihnen, *A* und *B*, hatten Becherform, das dritte *C* war eine flache Schale. Folgende Angaben über sie sind von Wichtigkeit.

Voltameter	Gewicht	Kathodenfläche	Inhalt
	g	*qcm*	*ccm*
A	58,0	63	75
B	50,8	75	100
C	68,2	128	130

Die Becher ruhten mit ihrem umgebogenen Rande auf Platinringen, die auf einem isolirenden Hohlzylinder befestigt und mit Stromzuführungen versehen waren.

Die Schale stand auf einer Kupferscheibe mit Ebonitunterlage und mit geeigneter Stromzuführung.

Als Anoden dienten in den Bechern zylindrische Stäbe von 1 *cm* Durchmesser und 4 *cm* Länge, in der Schale eine kreisförmige Scheibe von 3 *cm* Durchmesser und 6 *mm* Dicke. Für die Anoden wurde anfangs „Feinsilber" von Sy & Wagner in Berlin, später besonders gereinigtes Silber von der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M. benutzt. In die eigentlichen Anoden waren als Zuleitungen 2 *mm* dicke Silberdrähte eingelassen, die durch übergeschobene Glasröhrchen vor elektrolytischen Wirkungen geschützt waren. Die Anoden wurden solange benutzt, bis ihre Oberfläche etwa auf die Hälfte der ursprünglichen vermindert war. Gegen das Herabfallen durch die Elektrolyse gelöster Theilchen waren die Stäbe durch untergeschobene Glasschälchen (Kohlrausch), die Scheibe durch Umhüllen mit Fliesspapier (Lord Rayleigh) geschützt.

Als Elektrolyt wurde stets eine 20-prozentige Lösung aus Silbernitrat-Krystallen benutzt, die theils von C. F. A. Kahlbaum in Berlin, theils von der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt und theils von Schering in Berlin stammen.

Zur Zeitbestimmung diente ein Kittel'sches Chronometer, dessen Korrektion in Rechnung gesetzt wurde.

Für die Wägungen wurden verschiedene Waagen mit Empfindlichkeiten von 2 bis 5 Skalentheilen für 1 *mg* benutzt. Der Gewichtssatz ist von Hrn. Scheel an ein durch die Normal-Aichungs-Kommission bestimmtes 100 *g*-Stück angeschlossen und entsprechend korrigirt in Rechnung gesetzt.

Vor und nach der Elektrolyse wurde das Gewicht jedes der beiden benutzten Tiegel einzeln und ferner die Differenz beider durch Doppelwägung bestimmt. Die drei Wägungsergebnisse wurden ausgeglichen und erwiesen sich stets auf weniger als $^1/_{20}$ *mg* richtig. Bei der Berechnung des niedergeschlagenen Silbers wurde die Wägung nach der Elektrolyse auf die Luftdichte bei der Wägung vor der Elektrolyse bezogen. Bei der Umrechnung ist nur die Volumen-Differenz zwischen den Platintiegeln und den entsprechenden Messing-Gewichten berücksichtigt. Die Differenz der so reduzirten Tiegelgewichte ergiebt dann den Silberniederschlag ohne Luftkorrektion. Da die Strommenge stets so bemessen war, dass der Niederschlag nahezu 1 oder 2 *g* war, hat man zur Anbringung der Luftkorrektion nur die Volumen-Differenz zwischen Silber und Messing zu berücksichtigen. Dies soll erst beim Schlussergebniss geschehen.

II. Behandlung der Niederschläge (Löslichkeit des Silbers in Wasser).

Bei den ersten Versuchen, die Ende 1895 und Anfang 1896 stattfanden, wurde die Dauer der Elektrolyse auf 80 Minuten bemessen. Der dabei gebildete Niederschlag von etwa 2 *g* wurde solange mit *kaltem* destillirten Wasser behandelt, bis dieses (in der Regel nach dreimaligem Ausspülen) mit HCl keine Trübung mehr zeigte. Hierauf wurden die Tiegel vorsichtig über einem Bunsenbrenner getrocknet und nach einstündiger Abkühlung gewogen. Im Laufe der Versuche wurden unter wiederholter Benutzung derselben Lösung mehrere Niederschläge auf einander gebildet, sodass sich bei einigen Versuchen mehr als 10 *g* Silber in den Tiegeln befanden. Ich erhielt damals im Laufe einer Versuchsreihe immer mehr wachsende Niederschläge, konnte jedoch nicht entscheiden, ob diese Zunahme auf Aenderungen in der Beschaffenheit des Elektrolytes oder auf Einschlüsse von Nitrat in den Silberbezügen von grösserer Dicke zurückzuführen war.

Um die letztere dieser beiden muthmaasslichen Ursachen möglichst auszuschliessen, vermied ich von Versuch 16 an die Anhäufung grösserer Silbermengen in den Tiegeln und behandelte die Niederschläge längere Zeit mit *heissem* Wasser. Die Dauer der Elektrolyse wurde auf 40 Minuten beschränkt bei gleicher Stromstärke wie früher, sodass sich jedes Mal nur etwa 1 *g* Silber abschied. Nach höchstens viermaliger Wiederholung der Elektrolyse wurde das niedergeschlagene Silber mit HNO_3 entfernt.

Bei diesen Versuchen zeigte sich, dass man bei der Behandlung der Tiegel mit heissem Wasser vorsichtig sein muss, da dieses bei längerer Einwirkung merkliche Mengen Silber zu lösen vermag. Es würde zu weit führen, sämmtliche Versuche, die zur Feststellung dieser Thatsache dienten, mitzutheilen, es sollen nur einige herausgegriffen werden. Die Löslichkeit des Silbers wurde durch Abnahme des Tiegelgewichtes und durch Zunahme der Leitfähigkeit des Waschwassers festgestellt. Die Leitfähigkeit des zu den Waschungen benutzten destillirten Wassers (von Kahlbaum bezogen) betrug im ursprünglichen Zustande 0,8 bis $1{,}0 \times 10^{-10}$ bei 18°. Ueberstieg die Leitfähigkeit nach den Waschungen 3×10^{-10}, so fand auf Zusatz von HCl eine merkliche Trübung statt. Die Probe auf die Leitfähigkeit hatte natürlich nur dann Zweck, wenn das Wasser direkt in den Tiegeln erhitzt war; wurden die Tiegel im Becherglase längere Zeit mit heissem Wasser digerirt, so wurde von der Prüfung auf Leitfähigkeit wegen der Löslichkeit des Glases abgesehen. Die im Folgenden mitgetheilten Gewichte sind in jeder Versuchsreihe auf die gleiche Luftdichte bezogen.

27. März 1896. Versuch 22. Nach der Elektrolyse wurden die Tiegel zunächst mehrmals kalt ausgespült, bis das Waschwasser keine erhebliche Aenderung der Leitfähigkeit mehr zeigte. Dann wurde in ihnen eine Stunde lang destillirtes Wasser auf etwa 80° erhitzt, das erkaltet über Nacht in ihnen stehen blieb. Die ersten Zahlen über die Leitfähigkeit beziehen sich auf dieses Wasser.

		Gewicht.		Leitfähigkeit bei 18°.	
		A	C	A	C
		g	*g*	10^{-10}	10^{-10}
27. III.	Vor der Elektrolyse	57,98588	68,16006	—	—
28. III.	Nach der Elektrolyse	58,95799	69,13229	4,7	5,3
29. III.	Nach 3 stündigem Erhitzen von Wasser	58,95727	69,13143	8,0	7,6
30. III.	Nach 3 stündigem Erhitzen von Wasser	58,95679	69,13064	6,8	7,2
31. III.	Nach 19 stündigem Digeriren der Tiegel	58,95125	69,12565	—	—

1. April 1896. Versuch 23. Nach der Behandlung des Niederschlages mit kaltem Wasser wurde in den Tiegeln zweimal hintereinander frisches destillirtes Wasser $^1/_2$ Stunde lang auf 80° erhitzt. Die ersten Zahlen über Leitfähigkeit beziehen sich auf die zweite Füllung, nachdem sie erkaltet über Nacht in den Tiegeln gestanden hat.

		Gewicht.		Leitfähigkeit bei 18°.	
		A	C	A	C
		g	*g*	10^{-10}	10^{-10}
1. IV.	Vor der Elektrolyse	58,95130	69,12571	—	—
2. IV.	Nach der Elektrolyse	59,92337	70,09789	2,8	3,2
7. IV.	Tiegel vom 2. — 7. IV. mit kaltem Wasser gefüllt	59,92302	70,09758	6,6	8,2
7. IV.	Nach 3 stündigem Erhitzen von Wasser	59,92270	70,09708	6,4	6,0
8. IV.	Nach 21 stündigem Digeriren der Tiegel	59,91878	70,09308	—	—

9. April 1896. Versuch 24. Die Tiegel wurden nach der Elektrolyse wie bei Versuch 22 beschrieben behandelt.

		Gewicht		Leitfähigkeit bei 18°	
		A	C	A	C
		g	*g*	10^{-10}	10^{-10}
9. IV.	Vor der Elektrolyse	59,91887	70,09318	—	—
10. IV.	Nach der Elektrolyse	60,89139	71,06539	5,0	5,1
10. IV.	Nach 3 stündigem Erhitzen von Wasser	60,89098	71,06455	7,6	8,8
11. IV.	Nach 20 stündigem Digeriren der Tiegel	60,88880	71,06182	—	—

Nachdem am 16. April das Silber aus den Tiegeln mit HNO_3 entfernt war, ergab sich als Gewicht bezogen auf die Luftdichte bei der Wägung am 27. März A = 57,98577 *g* und C = 68,15983 *g*. An eine Auflösung des Platin ist also nicht zu denken; die geringe Abnahme erklärt sich aus der Behandlung mit HNO_3.

Auch auf Lösung des im Niederschlage etwa eingeschlossenen Nitrats lassen sich diese starken Gewichtsabnahmen nicht zurückführen. Ich konnte nämlich die Löslichkeit des Silbers (mittels HCl und Leitfähigkeit) auch dann nachweisen, wenn ich Silberspähne längere Zeit in heissem Wasser digerirte oder Wasser in einem Silbertiegel erhitzte. Im letzteren Falle wurde an der Oberfläche des Wassers die Tiegelwandung deutlich korrodirt.

An der Löslichkeit des Silbers in heissem Wasser ist daher wohl nicht zu zweifeln. Zur Erklärung dieser Erscheinung möchte ich eine Bemerkung von Stas[1]) anführen, nach der Silber von lufthaltigem Wasser oxydirt wird. Ich nehme an, dass dies auch hier der Fall war und dass das Silberoxyd sodann in Lösung gegangen ist. Die Löslichkeit wird natürlich von der Temperatur des Wassers und von der Oberflächenbeschaffenheit des Silbers abhängig sein.

Wenn die oben gefundenen Zahlen wegen der nicht immer gleichen Temperaturverhältnisse, die sich besonders beim Digeriren über Nacht nicht innehalten liessen, ganz sichere Daten über die Löslichkeit des Silbers nicht liefern, so ergaben sie doch für den vorliegenden Zweck hinreichend genau, dass sich von derartigen Niederschlägen beim Digeriren in Wasser von 80° etwa 0,1 bis 0,2 *mg* Silber in der Stunde lösen.

Hieraus folgt die Nothwendigkeit, beim Auswaschen der Niederschläge stets in derselben Weise zu verfahren. Um sicher zu sein, dass der Niederschlag kein Nitrat mehr enthält, glaubte ich die Behandlung mit heissem Wasser nicht entbehren zu können und habe bei allen seitdem angestellten Versuchen folgendermaassen verfahren. Nach der Elektrolyse wurden die Tiegel dreimal mit *kaltem* destillirten Wasser gefüllt, das jedes Mal 10 Minuten in ihnen stand und bei der letzten Füllung sich auf Zusatz von HCl nicht mehr trübte. Sodann wurde in jedem Tiegel 1 Stunde lang destillirtes Wasser auf etwa 80° erhitzt, das nachher mit HCl stets eine Trübung lieferte. Ich glaubte, so sicher sein zu dürfen, alles Nitrat aus den Niederschlägen entfernt zu haben. Wegen der Löslichkeit des Silbers in heissem Wasser ist natürlich am Endergebniss eine Korrektion anzubringen.

[1]) Stas, *Chem. Ber.* **20.** *S. 3370. 1887.*

III. Versuchsergebnisse.

Nach diesen Bemerkungen über die Behandlung der Niederschläge sollen jetzt die Ergebnisse sämmtlicher Versuche zusammengestellt und diskutirt werden. In den Tabellen sind alle für die Beurtheilung eines jeden Versuches wichtigen Daten aufgenommen. Die Bezeichnungen an den Köpfen der Tabellen bedürfen noch in einigen Punkten näherer Erläuterung.

Die Dauer der Elektrolyse ist in der Regel auf 40 Minuten bemessen, und die ausgeschiedene Silbermenge ist daher bei sämmtlichen Versuchen, um eine direkte Vergleichung zu ermöglichen, stets auf dieselbe Zeitdauer bezogen. Hierbei sind die Korrektionen des benutzten Chronometers, sowie die Abweichungen der Temperatur des Abzweigwiderstandes *W* von ihrem Normalwerthe 20° berücksichtigt. Unzuverlässige Versuchsergebnisse sind eingeklammert. Sind die Niederschläge für beide Tiegel eingeklammert, so war die Strommenge nicht genau angebbar; die Zahlen sind dann noch untereinander, aber nicht mit den übrigen vergleichbar. Ist nur eine Zahl eingeklammert, so haben beim Auswaschen Verluste stattgefunden.

Die Lösungen sind nach ihrer Bezugsquelle mit K (Kahlbaum), F (Frankfurt) und S (Schering) und ferner nach der Reihenfolge ihrer Herstellung mit Indizes bezeichnet. Die Lösung L ist durch Zusammengiessen von F_1, F_2 und F_3 entstanden.

Die Zahlen der zweiten Rubrik unter „Lösung" geben ein Maass für die Strommenge, die bereits durch die Volumeneinheit der betreffenden Lösung geflossen ist, und zwar steht im Zähler der dort verzeichneten Brüche die bereits mit der Lösung ausgeschiedene Silbermenge in *Gramm* und im Nenner das Volumen der Lösung in *Kubikcentimeter*. Diese Zahlen sind nur annäherungsweise richtig und geben nur ein ungefähres Bild der elektrolytischen Beanspruchung der Lösung, die, wie später gezeigt werden wird, von Einfluss auf das Ergebniss ist.

Die dritte Rubrik unter „Lösung" enthält Angaben über die Azidität der Lösung. Erhebungen hierüber sind erst in der zweiten Hälfte der Versuche gemacht. Eine Null bedeutet hier Neutralität, ein Strich, dass die Lösung nicht auf Azidität geprüft ist, Ag_2O, dass ihr Silberoxyd zugesetzt ist, und „sauer", dass die Azidität nur qualitativ mit empfindlichem Lackmuspapier bestimmt ist. Die angegebenen Zahlen stellen das Gewichtsverhältniss der freien Säure zum Silbernitrat in der Lösung mit 1000 multiplizirt dar. Sie sind entweder aus der Menge der zugesetzten Säure von bekannter Konzentration bestimmt oder mit Hülfe einer 0,1prozentigen Alkalilösung durch Titriren gewonnen. Diese wurde einer Probe der betreffenden Nitratlösung solange zugesetzt, bis Trübung durch Ag_2O eintrat. Wegen der Löslichkeit des Ag_2O ist die Methode mit einer kleinen Unsicherheit behaftet, die hier ohne Bedeutung ist, da der Säuregehalt nur angenähert bekannt zu sein braucht. Eine neutrale Lösung konnte ungefähr 0,2 *ccm* der Titrirflüssigkeit aufnehmen, ohne sich zu trüben, während zur Neutralisation der Säure in den Lösungen bis 6 *ccm* Titrirflüssigkeit zugesetzt werden mussten.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass den Unterschieden im Aussehen der Niederschläge und der Anoden erst im Laufe der Versuche Beachtung geschenkt wurde, sodass anfangs die Angaben hierüber fehlen.

Nr.	Datum	Zeitdauer der Elektrolyse	Bezeichnung der Tiegel	Silbermenge im Tiegel vor Beginn der Elektrolyse	Behandlung des Niederschlags	Silberniederschlag für 40 Min. in g	Lösung: Bezeichnung	Lösung: Grad der Elektrolysirung	Lösung: Azidität	Aussehen des Niederschlags	Aussehen der Anoden nach der Elektrolyse
		Min.		g							
1	1895	80	*A*	0,4	kalt	0,97238	K_1	0			
	14. 11.		*B*	1,4	„	[201]	„	„			
2	16. 11.	80	*A*	1,3	kalt	235	K_1	$\frac{4}{800}$			
			B	3,3	„	224	„	„			
3	21. 11.	80	*A*	4,2	kalt	244	K_1	$\frac{8}{800}$			
			B	4,3	„	247	„	„			
4	27. 11.	80	*A*	6,5	kalt	261	K_1	$\frac{12}{800}$			
			G	0,4	„	246	„	„			
5	29. 11.	80	*A*	8,5	kalt	261	K_1	$\frac{16}{800}$			
			C	2,4	„	273	„	„			
6	4. 12.	80	*A*	1,2	kalt	281	K_1	$\frac{20}{800}$			
			C	1,9	„	291	„	„			
7	5. 12.	80	*A*	3,2	kalt	293	K_1	$\frac{24}{800}$			
			C	3,9	„	275	„	„			
8	1896	80	*A*	9,8	kalt	[240]	K_1	$\frac{28}{800}$			
	17. 2.		*B*	10,9	„	[264]	„	„			
9	18. 2.	80	*A*	11,7	kalt	287	K_1	$\frac{32}{800}$			
			B	12,8	„	313	„	„			
10	19. 2.	80	*A*	16,1	kalt	324	K_1	$\frac{36}{800}$			
			B	13,9	„	211	„	„			
11	20. 2.	80	*A*	18,1	kalt	[383]	K_1	$\frac{40}{800}$			
			B	15,9	„	[352]	„	„			
12	21. 2.	80	*A*	0	kalt	199	K_2	$\frac{4}{200}$			
			B	0	„	204	„	„			
13	22. 2.	80	*A*	1,9	kalt	205	K_2	$\frac{8}{200}$			
			B	1,9	„	205	„	„			
14	25. 2.	80	*A*	3,9	kalt	178	K_1	$\frac{62}{800}$			
			B	3,9	„	175	„	„			
15	26. 2.	80	*A*	5,8	warm	238	K_1	$\frac{66}{800}$			
			B	5,8	„	237	„	„			
16	29. 2.	40	*A*	0	warm	201	K_1	$\frac{70}{800}$			
			B	0	„	196	„	„			
17	3. 3.	40	*A*	1,0	warm	214	K_2	$\frac{12}{200}$			
			B	1,0	„	216	„	„			
18	7. 3.	40	*A*	1,9	warm	[188]	K_3	0			
			B	1,9	„	[186]	K_1	$\frac{72}{800}$			
19	16. 3.	40	*A*	0	warm	[219]	K_3	$\frac{1}{200}$			
			C	0	„	[240]	K_1	$\frac{73}{800}$			
20	17. 3.	40	*A*	1,0	warm	159	K_1	$\frac{74}{800}$			
			C	1,0	„	197	„	„			

Nr.	Datum	Zeitdauer der Elektrolyse	Bezeichnung der Tiegel	Silbermenge im Tiegel vor Beginn der Elektrolyse	Behandlung des Niederschlags	Silberniederschlag für 40 Min. in *g*	Lösung: Bezeichnung	Lösung: Grad der Elektrolysirung	Lösung: Azidität	Aussehen des Niederschlags	Aussehen der Anoden nach der Elektrolyse
		Min.		*g*							
21	1896 20. 3.	40	*A*	0	warm	0,97134	K_1	$\frac{76}{800}$			
			C	0	„	146	„	„			
22	27. 3.	40	*A*	0	warm	200	K_1	$\frac{78}{800}$			
			C	0	„	212	„	„			
23	1. 4.	40	*A*	1,0	warm	192	K_1	$\frac{80}{800}$			
			C	1,0	„	204	„	„			
24	9. 4.	40	*A*	1,9	warm	263	K_2	$\frac{2}{200}$			
			C	1,9	„	215	„	„			
25	13. 4.	40	*A*	2,9	warm	252	K_2	$\frac{4}{200}$			
			C	2,9	„	217	„	„			
26	16. 4.	40	*A*	0	warm	154	F_1	0		gleichmässig, feinkörnig	
			C	0	„	201	K_1	$\frac{82}{800}$		streifig, grobkörnig	
27	18. 4.	20	*A*	1,0	warm	190	F_1	$\frac{1}{200}$			
			C	1,0	„	197	K_1	$\frac{83}{800}$			
28	21. 4.	20	*A*	1,9	warm	[192]	F_1	$\frac{2}{200}$			
			C	1,9	„	[211]	K_1	$\frac{84}{800}$			
29	22. 4.	40	*A*	2,9	warm	220	K_1	$\frac{85}{800}$			
			C	2,9	„	226	„	„			
30	29. 4.	80	*A*	3,9	warm	257	K_1	$\frac{87}{800}$			
			C	3,9	„	228	„	„			
31	3. 6.	40	*A*	0,9	kalt	253	F_1	$\frac{5}{200}$			
			D	—	„	[180]	„	„			
32	6. 6.	40	*A*	1,9	kalt	343	K_1	$\frac{93}{800}$			
			D	—	„	[200]	„	„			
33	10. 6.	40	*A*	2,9	kalt	275	F_1	$\frac{7}{200}$		streifig	
			D	—	„	[236]	„	„		„	
34	25. 6.	40	*A*	0	kalt	257	K_1	$\frac{95}{800}$			
			C	0	warm	246	„	„			
35	26. 6.	40	*A*	1,0	kalt	311	F_1	$\frac{9}{200}$		stark streifig	
			C	1,0	warm	266	„	„		„ „	
36	27. 6.	41	*A*	1,9	kalt	328	F_1	$\frac{11}{200}$		stark streifig, Krystallkomplexe	
			C	1,9	warm	256	„	„		„ „	
37	29. 6.	40	*A*	0	warm	228	K_1	$\frac{97}{800}$		weniger streifig	
			C	0	„	220	„	„		„ „	
38	29. 6.	40	*A*	1,0	warm	302	F_1	$\frac{13}{200}$		stark streifig; *violetter Fleck*	
			C	1,0	„	238	K_1	$\frac{99}{800}$		streifig	
39	30. 6.	40	*A*	0	warm	193	F_2	0		keine besondere Streifenbildung	
			C	0	„	213	K_1	$\frac{100}{800}$			

Nr.	Datum	Zeitdauer der Elektrolyse	Bezeichnung der Tiegel	Silbermenge im Tiegel vor Beginn der Elektrolyse	Behandlung des Niederschlags	Silberniederschlag für 40 Min. in *g*	Lösung			Aussehen des Niederschlags	Aussehen der Anoden nach der Elektrolyse
							Bezeichnung	Grad der Elektrolysirung	Azidität		
		Min		*g*							
40	1896 1. 7.	40	*A*	1,0	warm	0,97235	F_2	0		keine besondere Streifenbildung	
			C	1,0	„	218	K_1	$\frac{101}{800}$			
41	1. 7.	40	*A*	1,9	warm	369	K_1	$\frac{102}{800}$			
			C	1,9	„	216	F_2	$\frac{2}{200}$			
42	2. 7.	38	*A*	2,9	warm	211	K_1	$\frac{103}{800}$			
			C	2,9	„	200	F_2	$\frac{3}{200}$			
43	3. 7.	40	*A*	3,8	warm	260	K_1	$\frac{104}{800}$		am Grunde schwach streifig	
			C	3,8	„	207	F_2	$\frac{4}{200}$		deutlich streifig	
44	4. 7.	41	*A*	4,8	warm	333	K_1	$\frac{105}{800}$			
			C	4,8	„	187	F_2	$\frac{5}{200}$			
45	16. 9.	40	*A*	0	warm	267	K_1	$\frac{106}{800}$		deutlich streifig	
			B	0	kalt	289	„	„		„ „	
46	17. 9.	40	*A*	1,0	warm	284	K_1	$\frac{108}{800}$			
			B	1,0	kalt	260	„	„			
47	18. 9.	40	*A*	1,9	warm	308	K_1	$\frac{110}{800}$		stark streifig	
			B	1,9	kalt	342	„	„		„ „	
48	19. 9.	40	*A*	2,9	warm	303	K_1	$\frac{112}{800}$		stark streifig; Krystallbildung	
			B	2,9	kalt	342	„	„		stark streifig	
49	21. 9.	40	*A*	0	warm	191	F_2	$\frac{6}{200}$		feinkörnig; unten schwachstr.	
			B	0	„	257	K_1	$\frac{114}{800}$		grobkörnig; stark gestreift	
50	22. 9.	40	*A*	1,0	warm	294	F_2	$\frac{7}{200}$		schwach streifig	
			B	1,0	„	322	K_1	$\frac{115}{800}$		stark „	
51	24. 9.	40	*A*	0	warm	281	F_2	$\frac{8}{200}$		deutlich streifig	
			D	—	„	[143]	„	„		weniger deutlich	
52	26. 10.	40	*A*	0	warm	[230]	K_1	—	sauer	ausgeprägt streifig	
			B	0	„	[166]	„		Ag_2O	unten schwach „	
53	28. 10.	40	*A*	0	warm	203	K_1	—	Ag_2O	gleichmässig	
			B	0	„	254	„		sauer	deutlich streifig	
54	29. 10.	40	*A*	1,0	warm	294	K_1	—	sauer	wenig streifig	
			B	1,0	„	225	„		Ag_2O	streifig (weniger als 53)	
55	30. 10.	40	*A*	0	warm	258	K_1	gekocht	sauer	streifig	
			B	0	„	279	„	ungek.	„	„	
56	31. 10.	40	*A*	1,0	warm	339	K_1	gekocht	sauer	streifig	
			B	1,0	„	352	„	ungek.	„	„	
57	2. 11.	40	*A*	0	warm	166	F_3	0	—	schwach streifig	grau
			B	0	„	319	„	„	sauer	ausgeprägt streifig	„
58	3. 11.	40	*A*	1,0	warm	187	F_3	0	—	weniger streifig als 57	
			B	1,0	„	267	K_1	„	Ag_2O	Streifung verwaschen	

Nr.	Datum	Zeitdauer der Elektrolyse	Bezeichnung der Tiegel	Silbermenge im Tiegel vor Beginn der Elektrolyse	Behandlung des Niederschlags	Silberniederschlag für 40 Min. in *g*	Lösung			Aussehen des Niederschlags	Aussehen der Anoden nach der Elektrolyse
							Bezeichnung	Grad der Elektrolysirung	Azidität		
		Min.		*g*							
59	1896	41	*A*	0	warm	0,97208	F'_3	$\frac{1}{100}$	0,1	schwach gestreift	grau
	4. 11.		*B*	0	„	202	F_3	„	—	deutlicher gestreift	„
60	5. 11.	40	*A*	1,0	warm	274	F'_3	$\frac{2}{100}$	0,5	schwach streifig	grauschwarz
			B	1,0	„	249	F_3	„	—	„ „	„
61	5. 11.	40	*A*	2,0	warm	314	K_2+K_3	$\frac{20}{400}$	—		Anode von 10 *qcm*; grau
			B	2,0	„	318	„	„	—		Anode von 1 bis 2 *qcm*; tiefschwarz
62	6. 11.	40	*A*	2,9	warm	408	F'_3	$\frac{3}{100}$	1,0	braun-violette Färbung	rothbraun
			B	2,9	„	275	F_3	„	—	Konglomerate von Silbernadeln	grauschwarz
63	7. 11.	40	*A*	0	warm	354	F'_3	$\frac{4}{100}$	1,5	{schwach gestreift; violett gefärbt	rothbraun
			B	0	„	271	F_3	„	—	starke Streifung	grauschwarz
64	9. 11.	40	*A*	1,0	warm	180	F'_3	$\frac{5}{100}$	Ag_2O	schwach streifig	grauschwarz
			B	1,0	„	391	F_3	„	1,2	violett gefärbt	rothbraun
65	20. 11.	40	*A*	2,2	warm	305	L		1,0	{grobkörnig; ungefärbt	heller
			B	2,2	„	238	„		Ag_2O	gleichmässig	dunkler
66	24. 11.	40	*A*	0	warm	214	L		Ag_2O	gleichmässig	grauschwarz
			B	0	„	294	„		2,0	violett gefärbt	gelbbraun
67	24. 11.	40	*A*	1,0	warm	252	L		Ag_2O	gleichmässig	grauschwarz
			B	1,0	„	409	„		2,0	violett gefärbt	gelbbraun
68	25. 11.	40	*A*	1,9	warm	266	L		Ag_2O	gleichmässig	grauschwarz
			B	1,9	„	473	„		2,0	violett gefärbt	gelbbraun
69	25. 11.	40	*A*	2,9	warm	325	L		Ag_2O	gleichmässig	grauschwarz
			B	2,9	„	428	„		2,0	violett gefärbt	gelbbraun
70	26. 11.	40	*A*	3,9	warm	458	L		Ag_2O	gleichmässig	grauschwarz
			B	3,9	„	454	„		2,0	violett gefärbt	gelbbraun
71	27. 11.	39	*A*	0	warm	195	L		Ag_2O	gleichmässig	grauschwarz
			B	0	„	407	„		4,0	gelbbraun gefärbt	gelbbraun
72	27. 11.	40	*A*	0,9	warm	263	L		Ag_2O	gleichmässig	
			B	0,9	„	310	„		2,0	violett gestreift	
73	30. 11.	20	*A*	0,9	warm	[316]	L		Ag_2O		
			B	0	„	[260]	„		„		
74	8. 12.	40	*A*	0,4	warm	199	F_4	0	2,0	schwach gestreift	{weniger ausgeprägt rothbraun
			B	0,4	„	202	F_5	0	—	„ „	grauschwarz
75	9. 12.	40	*A*	1,3	warm	223	F_4	$\frac{1}{100}$	2,0	schwach streifig	bräunlich
			B	1,3	„	246	F_5	„	—	„ „	grauschwarz
76	9. 12.	41	*A*	2,3	warm	254	F_4	$\frac{2}{200}$	2,0	schwach streifig	bräunlich
			B	2,3	„	280	F_5	„	—	„ „	grauschwarz
77	10. 12.	40	*A*	3,3	warm	266	F_4	$\frac{3}{100}$	2,0	schwach streifig	bräunlich
			B	3,3	„	305	F_5	„	—	„ „	grauschwarz
78	10. 12.	40	*A*	4,3	warm	371	F_4	$\frac{4}{100}$	2,0		} Anoden von 3 *qcm*; tiefschwarz
			B	4,3	„	436	F_5	„	—		

Nr.	Datum	Zeitdauer der Elektrolyse	Bezeichnung der Tiegel	Silbermenge im Tiegel vor Beginn der Elektrolyse	Behandlung des Niederschlags	Silberniederschlag für 40 Min. in g	Lösung: Bezeichnung	Lösung: Grad der Elektrolysirung	Lösung: Azidität	Aussehen des Niederschlags	Aussehen der Anoden nach der Elektrolyse
		Min.		g							
79	1896 11. 12.	38	*A*	0,2	warm	0,97285	F_5	$\frac{5}{100}$	—	streifig	Anode von 2,5 *qcm*; schwarz
			B	0,2	„	165	„	0	—	gleichmässig	Anode von 10 *qcm*; grau
80	12. 12.	40	*A*	1,2	warm	302	F_5	$\frac{6}{100}$	—	ungewöhnlich stark gestreift	
			B	1,2	„	224	„	$\frac{1}{100}$	—	gleichmässig	
81	14. 12.	41	*A*	0	warm	191	S_1	0	neutr.	nicht streifig	
			B	2,1	„	210	„	0	„		
82	15. 12.	40	*A*	0	warm	274	F_5	$\frac{9}{200}$	—	streifig	
			B	3,1	„	307	„	„	—	gleichmässig	
83	16. 12.	40	*A*	1,0	warm	207	S_1	$\frac{2}{200}$	neutr.	streifig	Anode von 10 *qcm*; grau
			B	4,1	„	287	F_5	$\frac{11}{200}$	—	Nester von Silbernadeln	Anode von 1—2 *qcm*; tiefschwarz
84	1897 7. 1.	40	*A*	0,4	warm	209	F_6	0	Ag_2O	feinkörnig gleichmässig	
			B	0,4	„	210	S_1	0	neutr.	desgl.	
85	8. 1.	40	*A*	1,4	warm	234	S_1	$\frac{4}{200}$	neutr.	desgl.	
			B	1,4	„	284	F_6	0	Ag_2O		
86	25. 1.	40	*A*	0,4	warm	176	S_1	$\frac{5}{200}$	neutr.	desgl.	
			B	0,4	„	224	F_6	$\frac{1}{100}$	Ag_2O		
87	26. 1.	40	*A*	1,4	warm	234	S_1	$\frac{6}{200}$	neutr.		
			B	1,4	„	238	F_6	$\frac{10}{100}$	Ag_2O		
88	28. 1.	40	*A*	2,4	warm	226	S_1	$\frac{7}{200}$	neutr.	gänzlich ungestreift	
			B	2,4	„	242	F_6	$\frac{11}{100}$	Ag_2O	unten schwach streifig	
89	30. 1.	41	*A*	0,8	warm	206	F_6	$\frac{16}{100}$	Ag_2O	ungestreift	
			B	0,8	„	210	S_1	$\frac{8}{200}$	neutr.		
90	1. 2.	40	*A*	1,8	warm	239	F_6	$\frac{17}{100}$	Ag_2O	desgl.	
			B	1,8	„	293	„	$\frac{1}{100}$	„		
91	2. 2.	40	*A*	0	warm	217	F_6	$\frac{20}{200}$	Ag_2O	desgl.	
			B	2,8	„	277	„	„	„		
92	3. 2.	40	*A*	0	warm	191	L	—	Ag_2O	desgl.	
			B	3,8	„	187	„	—	„		
93	4. 2.	40	*A*	0	warm	194	L	—	Ag_2O	desgl.	
			B	4,7	„	345	F_6	$\frac{22}{200}$	„		
94	6. 2.	40	*A*	0	warm	230	F_6	$\frac{23}{200}$	Ag_2O	schwach streifig	
			B	5,7	„	220	L	—	„	weniger streifig	
95	8. 2.	40	*A*	0	warm	280	L	—	4,0	violett gefärbt; Ring	gelbbraun
			B	6,7	„	296	„	—	4,0	violett gestreift	„
96	9. 2.	40	*A*	0	warm	148	F_5	$\frac{32}{200}$	—	ungestreift	
			B	7,7	„	289	„	„	—	unregelmässige Zeichnung	
97	11. 2.	10	*A*	0	warm	[186]	F_5	$\frac{34}{200}$	—	ungestreift	
			B	0	„	[166]	„	„	—	unregelmässige Zeichnung	

Nr.	Datum	Zeitdauer der Elektrolyse	Bezeichnung der Tiegel	Silbermenge im Tiegel vor Beginn der Elektrolyse	Behandlung des Niederschlags	Silberniederschlag für 40 Min. in *g*	Lösung			Aussehen des Niederschlags	Aussehen der Anoden nach der Elektrolyse
							Bezeichnung	Grad der Elektrolysirung	Azidität		
		Min.		*g*							
98	1897 12. 2.	40	*A*	0,2	warm	0,97306	K_1	$\frac{120}{800}$	2,5	streifig	graubraun
			B	0,2	„	176	F_5	$\frac{36}{200}$	1,4	gleichmässig	„
99	13. 2.	40	*A*	1,2	warm	200	F_5	$\frac{37}{200}$	1,4	streifig	graubraun
			B	1,2	„	203	S_1	$\frac{9}{200}$	neutr.	gleichmässig	grauschwarz
100	16. 2.	40	*A*	2,2	warm	207	S_1	$\frac{10}{200}$	neutr.	schwach streifig	grauschwarz
			B	2,2	„	213	L	—	Ag_2O	gleichmässig	„
101	16. 2.	40	*A*	3,2	warm	261	L	—	Ag_2O	verwaschene Streifung	grauschwarz
			B	3,2	„	299	F_6	$\frac{24}{200}$	„	gleichmässig	
102	17. 2.	40	*A*	0,5	warm	252	F_6	$\frac{25}{200}$	Ag_2O	feinkörnig; schwach gestreift	grauschwarz
			B	0,5	„	356	F_3	$\frac{6}{100}$	3,4	violett streifig; Ring	rothbraun
103	18. 2.	40	*A*	1,5	warm	365	F_3	$\frac{7}{100}$	3,4	violett	schwach rothbraun
			B	1,5	„	221	F_4	0	2,5	gleichmässig	„ „
104	19. 2.	40	*A*	2,4	warm	206	F_4	$\frac{1}{100}$	2,5	schwach streifig	grau
			B	2,4	„	245	K_2+K_3	$\frac{20}{400}$	2,5	„ „	„
105	19. 2.	40	*A*	3,4	warm	253	K_2+K_3	$\frac{21}{400}$	0,5	gleichmässig	grau
			B	3,4	„	335	(K_2+K_3)	$\frac{20}{400}$	0,5	gelblich; filzige Nadeln	„
106	22. 2.	40	*A*	4,7	warm	241	F_5	$\frac{40}{200}$	1,4	gleichmässig	grau
			B	4,7	„	258	„	„	20,0	starke Krystallbildung	bräunlich
107	23. 2.	39	*A*	0,4	warm	277	(K_2+K_3)	$\frac{21}{400}$	0,5	gelblich, streifig	
			B	0,4	„	294	L	—	3,9	deutlicher gestreift; nicht violett	
108	24. 2.	40	*A*	1,4	warm	298	L	—	3,9	gleichmässig	heller
			B	1,4	„	243	S_2	0	neutr.	schwach streifig	dunkler
109	25. 2.	40	*A*	2,3	warm	240	S_2	0	neutr.	schwach streifig	grau
			B	2,3	„	316	K_1	$\frac{120}{800}$	2,5	„ „	bräunlich
110	27. 2.	40	*A*	3,3	warm	229	S_2	0	neutr.	schwach streifig	grau
			B	3,3	„	245	L	—	3,7	„ „	bräunlich
111	4. 3.	40	*A*	4,3	warm	[215]	S_2	$\frac{3}{300}$	neutr.	nichts Merkwürdiges	grau
			B	4,3	„	[314]	K_1	$\frac{120}{800}$	2,5	schwach gelblich	„
112	4. 8.	40	*A*	0,5	warm	239	S_1	$\frac{11}{200}$	neutr.	gleichmässig	grau
			B	0,5	„	279	K_1	$\frac{120}{800}$	2,5	schwach streifig	„
113	5. 8.	40	*A*	0,2	warm	245	K_2+K_3	$\frac{22}{400}$	0,5	gleichmässig	grau
			B	0,2	„	219	S_1	$\frac{12}{200}$	neutr.	schwach streifig	„
114	6. 8.	40	*A*	1,1	warm	242	S_1	$\frac{13}{200}$	neutr.	unten schwach streifig	grau
			B	1,1	„	190	K_4	0	„	„ „	„
115	7. 8.	40	*A*	2,1	warm	201	S_2	$\frac{4}{300}$	neutr.		
			B	2,1	„	201	„	„	„		

(Fortsetzung folgt.)

Entwurf eines Tachymetertheodolits

zur unmittelbaren Lattenablesung von Horizontaldistanz und Höhenunterschied.

Von

E. Hammer in Stuttgart.

1. Bekanntlich sind in den letzten Jahren zahlreiche Versuche gemacht worden, den Tachymetertheodolit oder die Tachymeterkippregel so einzurichten, dass man an der Latte sogleich die Horizontaldistanz ablesen kann, statt dass man, wie bei den gewöhnlichen Instrumenten, an der Latte und am Höhenkreis des Instruments Ablesungen zu machen hat, mit deren Hülfe erst die gesuchte Entfernung berechnet werden muss oder aus Tabellen entnommen werden kann. Besonders in Frankreich und in Italien, den Ländern, in denen wohl das tachymetrische Verfahren die ausgedehnteste Anwendung findet, sind eine ganze Reihe hierhergehöriger Instrumente in wenigen Jahren entstanden; sie brauchen hier nicht aufgezählt zu werden, da über die meisten in den Referaten dieser Zeitschrift kurze Berichte enthalten sind. Fast stets begnügen sich diese Instrumente damit, die Autoreduktion für die Entfernung zu liefern, nur sehr selten ist der Versuch gemacht, auch für den Höhenunterschied eine ähnliche Einrichtung herzustellen. Der Grund liegt nahe genug: in der topographischen Tachymetrie, dem einen und im Allgemeinen wichtigern Zweig der Schnellmesskunst, ist ein Fehler von 0,2 *m* und selbst 0,5 *m* auf 100 *m* in der Entfernung gleichgültig, während ein Fehler vom gleichen Betrag, 0,2 *m*, im Höhenunterschied zwischen Instrument und Lattenstandpunkt nicht sehr viel überschritten werden sollte.

Mein Entwurf des hier kurz zu beschreibenden Instruments stammt aus dem Anfang des Jahres 1894. Ich bin zu ihm besonders veranlasst worden durch das „Reduktions-Tachymeter" von Roncagli und Urbani (vgl. *diese Zeitschr. 13. S. 381. 1893*) insofern, als ich dadurch auf das die Reduktion auf die Horizontale liefernde Diagramm im Okular des Fernrohrs aufmerksam wurde. Dieses Diagramm hat bekanntlich später Wandlungen durchgemacht; besonders sollten seine Linien *verstreckt* werden (vgl. *diese Zeitschr. 15. S. 180. 1895*). Es sollte aber bei meinem Instrument die Ablesung des Höhenwinkels oder der Zenithdistanz bei Roncagli ganz vermieden werden. Zur Zeit meines Entwurfs hatte ich ferner noch keine Kenntniss von dem ähnliche Ziele wie das meinige anstrebenden Schrader-Balbreck'schen Instrument mit Horizontallatte, dessen Beschreibung mir erst später zu Gesicht kam (aus der Notiz über die *ältere* Einrichtung des Instruments, in *dieser Zeitschr. 13. S. 213. 1893*, kann man sich kaum eine zutreffende Vorstellung jener älteren Einrichtung machen; bei der neuen handelt es sich ebenfalls um automatische Veränderung des Fadenabstands wie bei mir, wenn auch auf ganz anderem Wege), und von dem ich erst im vorigen Jahr ein Modell in die Hand bekam (durch Hrn. Mechaniker Hamann in Friedenau-Berlin; zur gleichen Zeit hatte Hr. Schrader in Paris selbst die Freundlichkeit, mir einige nähere Angaben über sein Instrument zu machen).

Mein *Programm* war kurz folgendes: einen Tachymetertheodolit herzustellen, mit dem man an der *senkrecht* stehenden Latte sofort, ohne alle Rechnung oder besondere Einstellungen und ohne Ablesung des Höhenwinkels, durch einmalige Anzielung der Latte sowohl die Horizontaldistanz zwischen Instrumentenmittelpunkt und Latte, als auch den Höhenunterschied zwischen Instrumenten- und Lattenstandpunkt ablesen kann, sodass ein in manchen Beziehungen wirklich „selbstthätiger" Tachymetertheodolit entstehen würde.

Dabei sollte das Instrument kein Präzisionsinstrument, nicht für die „Präzisionstachymetrie" bestimmt sein, sondern nur den Anforderungen der topographischen Tachymetrie gerecht werden, nämlich die Entfernungen mit einem Fehler von etwa $^1/_{300}$, die Höhenunterschiede mit einem Fehler von wenigen *dm* bei den üblichen Ziellängen und Höhenunterschieden liefern.

Die Ueberlegung war also einfach diese: kann man nicht, statt wie Roncagli Höhenwinkel oder Zenithdistanz abzulesen und darnach das Diagramm $a \cos^2 \alpha$ im Okular des Porro'schen Fernrohrs zu verschieben, diese Verschiebung *selbstthätig* einrichten, derart, dass die für den Höhenwinkel der augenblicklichen Zielung nothwendige Stellung ohne irgend welches Zuthun des Beobachters entsteht? Und kann man nicht dem Diagramm einen zweiten Theil hinzufügen, der auch den Höhenunterschied unmittelbar an der Latte abzulesen gestattet?

Ich gestehe, dass ich nicht glaube durch die folgende Mittheilung die Aufgabe praktisch vollständig gelöst zu haben; aber ich möchte auch nicht glauben, dass der hier versuchte Weg zur Lösung unmöglich sei. Ich kann nur hier in Stuttgart keinen Mechaniker für die weitere Verfolgung der Sache ohne beträchtliche Geldmittel interessiren, und da mir diese fehlen, so veröffentliche ich diese Zeilen in der Hoffnung, man möchte diese weitere Verfolgung anderswo aufnehmen.

Es wird für diese weiteren Versuche nur noch darauf ankommen, an verschiedenen Materialien zu erproben, ob man die Abnutzung der mit Reibung aneinander sich bewegenden Theile klein genug oder besser gesagt vollständig *einseitig* machen kann. Wenn dies gelingt, so halte ich meine Konstruktion für unmittelbar praktisch brauchbar.

2. Wenn in einem Porro'schen Fernrohr eines gewöhnlichen Tachymeters an der senkrecht stehenden Latte zwischen den Distanzfäden das Lattenstück l erscheint, so ist, wenn α den Höhenwinkel der Visur bezeichnet, die horizontale Entfernung zwischen Kippachse des Fernrohrs und Lattenstandpunkt

$$e = k\,l \cos^2 \alpha. \qquad (1)$$

Für die Konstante k wählt man bekanntlich in der Regel die Zahl 100. Setzt man

$$k' = k \cos^2 \alpha, \qquad (2)$$

so wird also

$$e = k'\,l. \qquad (3)$$

Die Konstante k ist beim Porro'schen Fernrohr, wenn b den unveränderlichen Abstand der (wie beim Huygens'schen Fernrohr zum Objektivsystem gehörenden, aber nicht wie bei diesem von der Fadenkreuzebene, sondern von der Objektivlinse konstanten Abstand behaltenden) Zwischenlinse von der Objektivlinse, f die Brennweite der Objektivlinse, f_1 die der Zwischenlinse, endlich a den Abstand der beiden Distanzfäden auf der Fadenplatte bedeutet,

$$k = \frac{f f_1}{a(f + f_1 - b)} = \frac{C}{a}. \qquad (4)$$

Nebenbei bemerkt, erhält man diesen Werth von k, sobald man für den einfachsten Fall des Fernrohrs mit irgend welchem positiven Okular [Ramsden, Kellner, Steinheil], wo sich keine Linse zwischen Objektivlinse und Fadenebene befindet, den Werth der Hauptkonstanten $\frac{f}{a}$ erkannt hat, ohne alle weitere Rechnung dadurch, dass man für das f eines solchen Fernrohrs beim Porro'schen die Brennweite f' der Linse einsetzt, die dem hier vorhandenen Objektiv-*System* (f, f_1, b) äquivalent ist, nämlich $f' = \frac{f f_1}{f + f_1 - b}$; damit entsteht sofort der Ausdruck (4). Der

Werth der *Additions*-Konstanten c in der Distanzmesser-Formel $E = c + k \, . \, l$ ist für ein Fernrohr Porro'scher Konstruktion zunächst

$$c = d - \frac{f(b - f_1)}{f + f_1 - b},$$

wenn d den Abstand zwischen Kippachse und Objektivlinse bedeutet. Sie ist aber beim Porro'schen Fernrohr i. e. S. durch entsprechende Wahl der Werthe für f, f_1, b und d zu Null gemacht.

Denkt man sich den Abstand a der beiden Distanzfäden mit dem Höhenwinkel *veränderlich*, derart, dass der Abstand a' vorhanden ist, während die Ziellinie den Höhenwinkel α hat, während a den Abstand bei horizontaler Ziellinie ($\alpha = 0$) bedeutet, so wird man jene Veränderlichkeit von a auf a' so einzurichten suchen, dass das bei geneigter Ziellinie zwischen den Distanzfäden erscheinende Lattenstück mit k multiplizirt (statt mit $k' = k \cos^2 \alpha$ bei unveränderlichem Fadenabstand) die Horizontaldistanz e giebt. Die Gleichungen (1) bis (4) zeigen, dass man, um dies zu erreichen, d. h. um

$$k' = k \cos^2 \alpha = \frac{C}{a} \cos^2 \alpha$$

durch Veränderung von a herzustellen, nur

$$a' = a \cos^2 \alpha \qquad (5)$$

zu machen hat.

So ist nun auch das Diagramm im Okular meines Tachymetermodells eingerichtet, soweit es für die Entfernungsmessung gebraucht wird. Es ist hier aber sogleich auch die Anordnung für die selbstthätige Verschiebung des Diagramms, sowie das ganze Instrument kurz zu beschreiben.

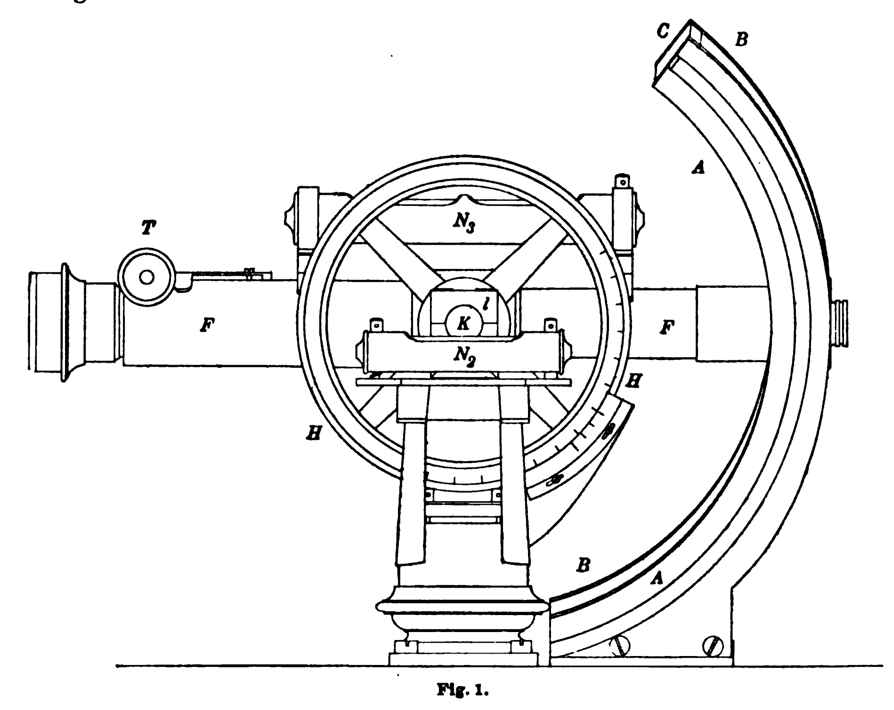


Fig. 1.

3. Die Figuren 1 und 2[1]) zeigen zwei Aufrisse vom Obertheil des Instruments, einer in der Richtung der Kippachse, der andere in der Richtung senkrecht dazu.

[1]) Die Reinzeichnungen dieser zwei Figuren, ebenso von den Fig. 3 und 7, verdanke ich meinem früheren Assistenten, Hrn. Feldmesser Heer.

Das Modell selbst, von Tesdorpf in Stuttgart mit Benutzung älterer Instrumententheile hergestellt, ist erst im März 1896 fertig geworden. Der Unterbau (Dreifuss und Horizontalkreis) ist an dem Modell nur roh gearbeitet (Horizontalkreis fehlt ganz) und in der Zeichnung als unwesentlich ganz weggelassen. *A* und *B* sind mit der Alhidadengrundplatte stark verschraubte Ebenen, von denen *A* sehr genau eben gearbeitet sein muss. Die Ebene *A* liegt senkrecht zur Ebene der Zeichnung der Fig. 2, aber um einen bestimmten Winkel *i* geneigt gegen die Kippachse *KK*. Diese ruht in starken geschlossenen Lagern *ll*.

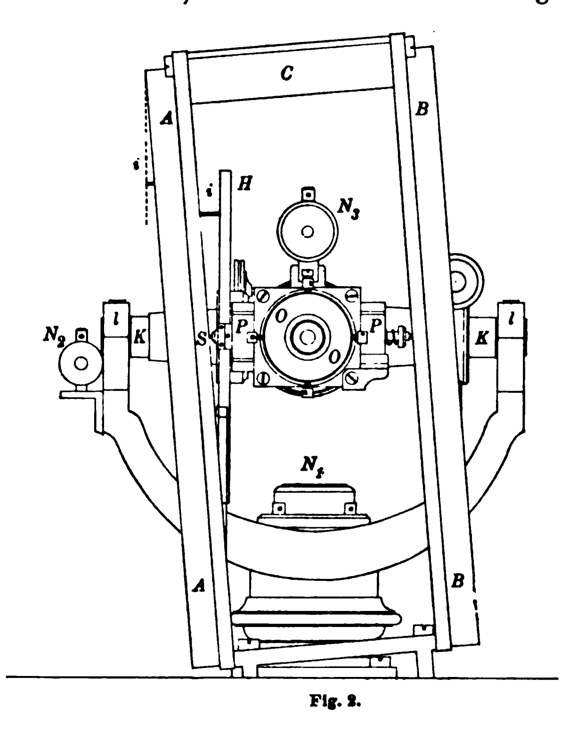


Fig. 2.

Von Libellen sind drei vorhanden: Dosenlibelle N_1, Seitenlibelle N_2, Nivellirlibelle N_3 auf dem Fernrohr (die Tautologie der Bezeichnung für N_3 ist damit zu begründen, dass beim Gebrauch des Obertheils eines theodolitartigen Instruments als *Nivellir*-Instrument vor Allem *diese* Libelle in Betracht kommt; sie ist auch hier, wie sich unten zeigen wird, die wichtigste der drei Libellen). Am Fernrohr *F* ist, weil die Entfernung zwischen Fadenebene und Kippachse hier *konstant* sein muss, die Herstellung der richtigen Fernrohrlänge für einen Punkt mit bestimmter Entfernung auf das Objektiv übertragen, wie der Trieb *T* zeigt. Es ist dies beim Porro-schen Fernrohr, wie überhaupt bei jedem als Fadendistanzmesser eingerichteten Fernrohr, theoretisch unrichtig, wie aus dem oben angegebenen Ausdruck für die Additionskonstante *c* hervorgeht: ist für ein bestimmtes *d*, d. h. hier also für eine durch eine bestimmte Entfernung der Latte gegebene Stellung des beweglichen Objektivtheils, $c = 0$, so ist dies nicht mehr der Fall für einen anderen angezielten Punkt. Da jedoch die extremen Stellungen, d. h. die grössten Veränderungen an *c*, nur um ganz wenige *cm* voneinander abweichen, und beim wichtigsten Gebrauch des Fadendistanzmessers diese Genauigkeit in den vorkommenden Entfernungen doch nicht erreicht oder angestrebt wird, so ist jene Verschiebung des Objektivs hier ganz gleichgültig. Das Fadensystem des Okulars besteht aus zwei getrennten Theilen, einem wie gewöhnlich angebrachten festen Vertikalfaden und dem hart dahinter sich vorüber bewegenden Diagramm.

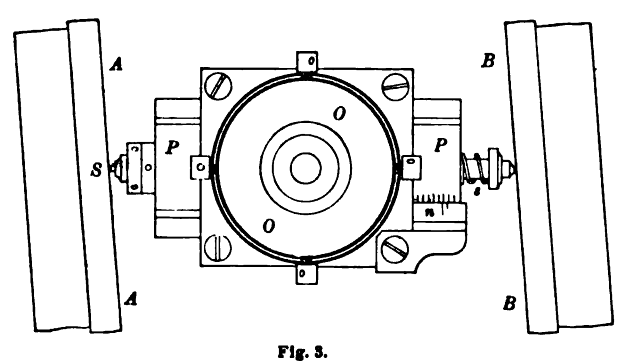


Fig. 3.

Dieses ist auf einen verglasten, durchsichtigen Ausschnitt der Platte *PP* (vgl. Fig. 3, im doppelten Maassstab von Fig. 1 und 2) aufgetragen, und zwar auf mikrophotographischem Weg (vgl. u.). Die Platte *P* wird in bekannter Schwalbenschwanz-

führung durch jede Hebung und Senkung des Fernrohrs um die Kippachse *KK* selbstthätig hin- und hergeschoben: an der linken Seite der Platte *P* ist ein Stift *S* sichtbar, der sich gegen die Ebene *A* lehnt und gegen sie durch die gegenüberliegende Feder *s* sanft angedrückt wird. Es ist gleich hier zu bemerken, dass es *nur* auf Genauigkeit der Ebene *A* ankommt; ob *B* ebenfalls sehr genau eben ist oder genau konstanten Abstand von *A* hat, ist gleichgültig. Die ganze mögliche Verschiebung der Platte *P* darf natürlich nur so gross sein, dass stets noch durch den verglasten Ausschnitt der Platte *P* hindurch das Fernrohr benutzbar bleibt. Die Form des Diagramms auf diesem Ausschnitt ist, was zunächst nur die Linien für die Entfernungsmessung angeht, ungefähr die der Fig. 4 (genaue Fig. s. u.): es ist ein Horizontalfaden *hh* vorhanden, auch ein Vertikalfaden, obgleich dieser zunächst weniger wichtig ist, endlich eine in der Nähe des Vertikalfadens flache, gegen aussen allmählich stärker sich krümmende Kurve *k* an Stelle eines zweiten Horizontalfadens.

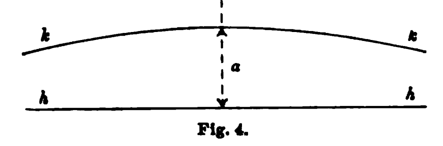


Fig. 4.

Mit diesem Diagramm zusammen wirkt der bereits erwähnte feste Vertikalfaden, hinter dem die das Diagramm tragende Glasfläche des Schlittens *P* mit äusserst geringem Abstand beim Kippen des Fernrohrs hin- und hergeschoben wird. Der Anblick im Gesichtsfeld ist also bei einem bestimmten Höhen- oder Tiefenwinkel α der Zielung der der Fig. 5: gegen den festen Vertikalfaden *vv* ist der Vertikalfaden des Diagramms verschoben; an *vv* soll statt des Abstands *a* zwischen *h* und dem mittleren Kurvenpunkt, der für $\alpha = 0$ gilt, der Abstand *a'* erscheinen. — Der Höhenkreis *H*, der in Fig. 1 und 2 angegeben ist (in Fig. 1 rechts unten der Nonius zur Ablesung angedeutet), ist zur Arbeit mit dem Instrument überflüssig, er ist am Modell nur vorhanden, weil es für die Theilungen u. s. w. zweckmässig war, den Höhenwinkel ablesen zu können; dasselbe gilt für die Messung der Verschiebung der Platte *P*, wozu eine (etwas primitive) Vorrichtung bei *n* in Fig. 3 angedeutet ist. Man hat beim Gebrauch des Instruments vielmehr nichts zu thun, als das Fernrohr auf die vertikal stehende Latte zu richten und durch Heben oder Senken des Fernrohrs den Faden *h* auf den Nullpunkt der Latte zu stellen; die Ablesung am oberen Punkt von *a'* in der Mitte des Gesichtsfelds (am Faden *vv*) giebt, mit 100 multiplizirt (d. h. ohne Rechnung), die Horizontaldistanz der Latte.

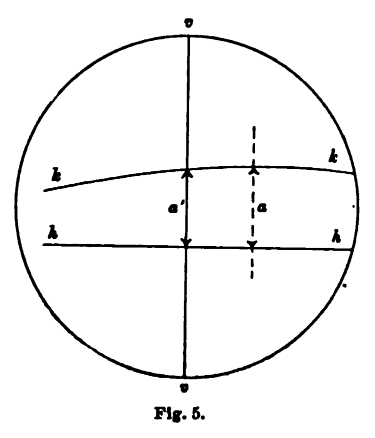


Fig. 5.

4. Bevor weitergegangen wird zur Vervollständigung des Diagramms auch zur Höhenbestimmung, ist einiges über die Berechnung des Diagramms zur Bestimmung der horizontalen Entfernungen zu sagen. Die Abmessungen des Porro-Fernrohrs (die Porro-Linse ist in ein vorhandenes Fernrohr durch Mechaniker Hensoldt-Wetzlar eingesetzt worden) meines Modells sind: $f = 378{,}6$ *mm*, $f_1 = 136$ *mm*, Abstand *b* zwischen beiden $= 244$ *mm*, *d* (bei ∞-Stellung des Fernrohrs) $= 170$ *mm*. Mit den drei ersten Zahlen zeigt sich, dass $d = 151$ *mm* sein sollte, damit $c = 0$ wird; es ist also schon bei ∞-Stellung des Fernrohrs in *b* ein kleiner Fehler von 2 *cm* vorhanden, der sich für naheliegende Punkte noch um einige wenige *cm* steigert. Doch ist dies gleichgültig.

Als Werth von *k* erhält man

$$k = \frac{378{,}6 \cdot 136}{514{,}6 - 244{,}2} \cdot \frac{1}{a}, \qquad (6)$$

d. h. man hat den Abstand der Fäden, am Vertikalfaden (Mitte) des Diagramms, wenn $k = 100$ werden soll,

$$a = 1{,}9042\ mm \tag{7}$$

zu machen.

Es fragt sich nun ferner: welche Horizontalverschiebung des Stiftes (d. h. des ganzen Okularschlittens und damit des auf ihm befindlichen Diagramms) tritt ein durch Erhebung oder Senkung des Fernrohrs um einen bestimmten Höhenwinkel α? Der Stift S beschreibt beim Kippen des Fernrohrs einen Kreis um die Kippachse mit dem Halbmesser $r = 137{,}3\ mm$; der Erhebung des Fernrohrs um den Höhenwinkel α von der Nullstellung aus entspricht also im Aufriss (Fig. 2) eine Erhebung des Punktes S um $r \sin \alpha$. Ist i der Neigungswinkel der Ebene A gegen die Vertikalebene, so ist die Horizontalverschiebung w des Stifts

$$w = r \sin \alpha \operatorname{tg} i. \tag{8}$$

Mit dem gewählten Werth von i (nämlich $\operatorname{tg} i = [8{,}9440]$, also $i = 5^0\ 1{,}4'$; indirekt bestimmt mit Hülfe von Ablesungen am Höhenkreis und am Nonius n (Fig. 3); z. B. 6,03 mm für $\alpha = 30^0$; Mittel aus etwa 10 Versuchen) erhält man von 5^0 zu 5^0 bis zu $\alpha = 30^0$ (so weit lässt sich das Fernrohr heben und senken) folgende Zusammenstellung

α	Verschiebung w in mm
0^0	0,000
5^0	1,051
10^0	2,094
15^0	3,121
20^0	4,125
25^0	5,097
30^0	6,030

Um das Diagramm für die Entfernungen aufzutragen, hat man also zu den oben berechneten Zahlen als ± Abszissen die Ordinaten (1,9042 mm bei der Abszisse 0), allgemein $1{,}9042 . \cos^2 \alpha$ bei der Abszisse, die α entspricht, aufzutragen; die Ordinatenzahlen für die oben angeschriebenen Neigungswinkel von 5^0 zu 5^0 werden: 1,904, 1,890, 1,847, 1,777, 1,681, 1,564, 1,428 mm. Die Originalzeichnung für das Diagramm wurde im 50-fachen Maassstab hergestellt und der Photograph erhielt den Auftrag, sie genau 50 Mal verkleinert auf die Verglasung der Platte P zu bringen, ohne die Durchsichtigkeit dieses Ausschnitts zu beeinträchtigen. Für die Originalzeichnung erhielt man damit die folgende Zusammenstellung der Koordinaten (bis auf $^1/_{20}\ mm$, was hier vollständig genügt)

(Höhenwinkel)	Abszisse x	Ordinate y
($\alpha = 0^0$)	0,0 mm	95,2 mm
($\alpha = 5^0$)	$52{,}5_5$ „	94,5 „
($\alpha = 10^0$)	104,7 „	$92{,}3_5$ „
($\alpha = 15^0$)	$156{,}0_5$ „	$88{,}8_5$ „
($\alpha = 20^0$)	206,2 „	$84{,}0_5$ „
($\alpha = 25^0$)	254,8 „	78,2 „
($\alpha = 30^0$)	301,5 „	71,4 „

Zu bemerken ist noch, dass das Instrument so justirt ist, dass die Zielung über den Faden $h\,h$ (Fig. 4 und 5) horizontal ist, wenn die Nivellirlibelle auf dem Fernrohr einspielt; bei dieser Stellung muss zugleich der Vertikalfaden des Diagramms

den festen Vertikalfaden *vv* decken. Die Herstellung dieser Deckung ist durch Verlängerung oder Verkürzung von *S* mit Hülfe der Korrektionsvorrichtung zu erreichen, die in Fig. 3 unmittelbar neben *S* sichtbar wird.

5. In das Diagramm für die Horizontaldistanzen, für das die 50-fach vergrösserten Zahlen soeben angegeben wurden, sind nun auch sogleich die Linien für die Höhenmessung aufgenommen. Für den Höhenunterschied zwischen Kippachse des Instruments und Lattenpunkt am Mittelfaden bei gewöhnlichen Tachymetern hat man

$$h = e \operatorname{tg} \alpha,$$

also wenn das Tachymeter ein Porro'sches Fernrohr hat,

$$h = k l \cos^2 \alpha \operatorname{tg} \alpha = k l \, {}^1\!/_2 \sin 2\alpha. \qquad (9)$$

Nach der Bemerkung am Schluss von **4.** hat hier die Zielung über den Faden *hh* den Höhenwinkel α (Fig. 6). Die horizontale Entfernung *e* ist bei dem hier besprochenen Instrument $e = 100\, l$, wenn *l* den wirklich zwischen den Distanzfäden (Entfernung veränderlich, durch die selbstthätige Verschiebung von *P* verringert im Verhältniss von $\cos^2\alpha : 1$ für den Höhenwinkel α im Vergleich mit dem Höhenwinkel 0) erscheinenden Lattenabschnitt bedeutet. Es fragt sich, wie lang muss, an derselben Stelle des Diagramms, an der der Lattenabschnitt *l* abgelesen wird (bezeichnet durch den festen Vertikalfaden *vv*) eine Strecke im Diagramm gemacht werden, damit sie ein Lattenstück *l'* deckt, das mit einer *Konstanten q* multiplizirt *h* giebt?

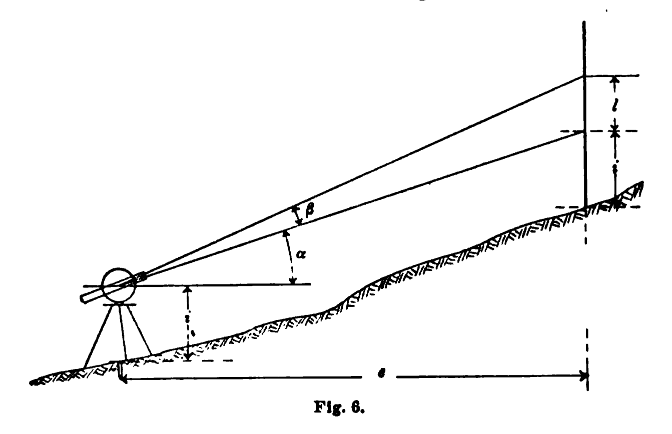


Fig. 6.

Als solche Konstante *q* wäre für die Höhen *h*, die in der topographischen Tachymetrie (wie überall) viel genauer bestimmt werden müssen als die horizontalen Entfernungen *e*, die für *k* gewählte Zahl 100 viel zu gross. Wählen wir $q = 20$, so ist immer noch alle besondere Rechnung erspart; man hat nur den Lattenabschnitt *l'* zu verdoppeln und sodann noch zu verzehnfachen, um *h* zu erhalten. Es soll also

$$q\, l' = 100\, l \operatorname{tg} \alpha \qquad (10)$$

werden, wenn wie oben *l* das zwischen den Fäden des ersten Diagramms wirklich enthaltene Lattenstück ist, d. h. es muss mit $q = 20$

$$l' = 5\, l \operatorname{tg} \alpha \quad \text{oder} \quad \frac{l'}{l} = 5 \operatorname{tg} \alpha \qquad (11)$$

werden.

Dieses zweite Diagramm für die Höhenbestimmung ist so zu zeichnen, dass in ihm an derselben Stelle (Abzisse), an der man *l* im ersten abgelesen hat, die Lattenablesung *l'* nach (11) entsteht. Man findet leicht, dass die Entfernung des zweiten Fadens von *hh* zu diesem Zweck

$$5\, a \sin \alpha \cos \alpha = 5\, a \cdot \frac{1}{2} \sin 2\alpha = \frac{5 \cdot 1{,}9042}{2} \sin 2\alpha \ mm \qquad (12)$$

werden muss (der Ausdruck ist eine Näherung, durch Annahme von 1 für den cos des mikrometrischen Winkels β entstehend. Da dieser Winkel hier veränderlich ist, so schwankt auch der Fehler dieser Näherung; übrigens ist der mikrometrische Winkel

auch für die Höhenfäden bei grossen Höhenwinkeln noch genügend klein, um (12) zu rechtfertigen). Nach (12) erhält man folgende Werthe der Ordinaten für das Höhendiagramm und ihre 50-fachen für die Zeichnung, zu denselben Abszissen aufzutragen, wie sie oben für das Entfernungsdiagramm benutzt worden sind.

(Höhenwinkel α)	Ordinate in *mm*	50 faches in *mm*
(0°)	0,000	0,00
(5°)	0,827	$41,3_5$
(10°)	1,628	81,4
(15°)	2,380	119,0
(20°)	3,060	153,0
(25°)	3,647	$182,3_5$
(30°)	4,123	$206,1_5$

6. Nach den Zahlen der zwei letzten Tabellen ist nun die Originalzeichnung des Diagramms hergestellt; es ist in Fig. 7 in Verkleinerung auf $^1/_5$ dieser Zeichnung angegeben (also immer noch 10 mal grösser als es in Wirklichkeit auf dem Ausschnitt der Platte P im Okular angebracht ist).

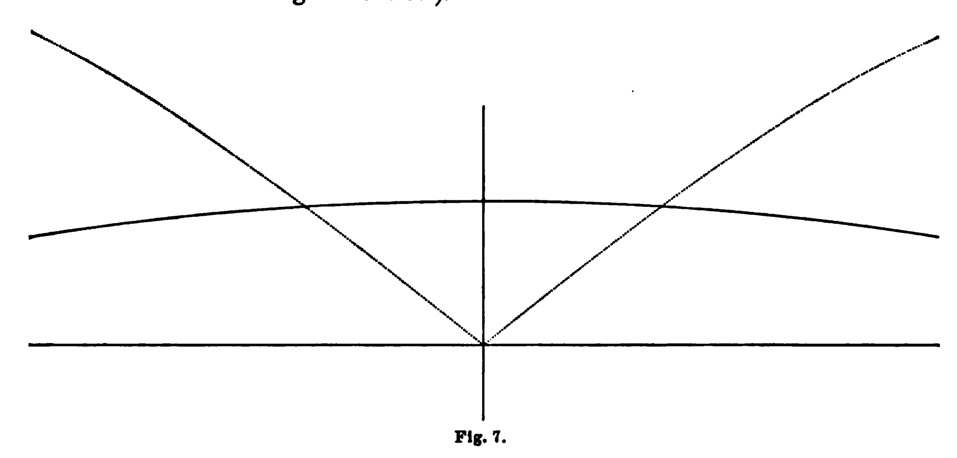


Fig. 7.

Leider ist in der Reproduktion durch den Photographen das Reduktionsverhältniss $^1/_{50}$ durch ein Versehen nicht getroffen worden; auch sind die Linien viel zu stark und nicht scharf genug ausgefallen. Doch liesse sich dies nach meiner Erkundigung leicht verbessern. Die Durchsichtigkeit der verglasten Stelle der Platte P ist durch das Aufziehen des Häutchens genügend wenig beeinträchtigt. Jedenfalls lässt sich also die Sache auf dem versuchten Weg erreichen.

Versuche mit dem Instrument bei horizontaler Ziellinie haben k (statt 100) zu 111,0 ($\pm$ 0,1 etwa) ergeben.

Es sind nun mit dem Instrument ziemlich zahlreiche *Versuchsmessungen* bei geneigten Ziellinien gemacht, wenigstens für Entfernungsmessung, die trotz der noch mangelhaften Ausführung des Modells nicht unbefriedigende Genauigkeit zeigen.

Vor dem Gebrauch des Instruments hat man sich zu überzeugen, dass die Zielung über den Faden hh parallel der Nivellirlibellenachse N_3 ist (Rektifikation an der Korrektionsvorrichtung von N_3; Untersuchung wie beim einfachen Nivellirinstrument), sowie dass dann bei einspielender Libelle N_3 der feste Vertikalfaden vv den Vertikalfaden des Diagramms (oder eine ihn ersetzende *Marke*) genau deckt (Korrektion an der Vorrichtung des Stifts S). Als Latte wird am besten eine *Strichtheilung* gewählt, deren

Nullpunkt um die gewöhnliche Instrumentenhöhe 1,35 *m* über dem Aufsetzpunkt liegt, ohne dass man dann weiter auf die wenigen *cm* achten würde, die in Wirklichkeit die Kippachse höher oder tiefer liegen kann. Auf der Latte der folgenden Versuchsmessungen war eine *cm*-Strichtheilung mit etwa 1 *mm* starken Strichen, und in den Dezimalfeldern grössere Zahlen vorhanden. Beim Gebrauch ist nichts zu thun, als den Faden *hh* auf den Nullpunkt der senkrecht stehenden Latte und den Vertikalfaden *vv* auf die Mitte der Lattenskale zu stellen; die Ablesung am Distanzfaden, wo er von *vv* geschnitten wird, giebt, mit 100 multiplizirt (s. oben, hier 111 statt 100), die Horizontaldistanz, die Ablesung am Höhenfaden (an derselben Stelle) giebt, mit 20 multiplizirt, (ebenso), den Höhenunterschied zwischen Kippachse und Lattennullpunkt.

Von Versuchsmessungen mit dem Modell will ich nur einige wenige von der geodätischen Exkursion der Technischen Hochschule 1896 in Salmbach bei Neuenbürg mittheilen, wobei die Ablesungen z. Th. von Studirenden gemacht sind. Die Höhenbestimmung ist nicht befriedigend, sodass ich sie hier nur zum kleinen Theil gebe; aus früherer Zeit des Modells sind einige Reihen vorhanden, in denen die Höhenfehler (bei Höhenwinkeln) nicht über 25 *cm* hinausgehen, was für topographische Zwecke fast stets genügen würde. Dass mit 111 und 22,2 (statt 100 und 20, d. h. ohne besondere Rechnung) multiplizirt werden muss, hat hier nichts zu sagen; es kommt ja vorläufig nur auf das Prinzip an. Vom Punkt A_0 aus sind auf vier Geraden A_0A, A_0B, A_0C, A_0D Punkte im horizontalen Sinn mit Latten eingemessen und ihre Höhenunterschiede gegen A_0 sind nivellirt; die Ergebnisse dieser Messungen sowie die entsprechenden Ablesungen an dem Modell enthalten die folgenden Tabellen (zu bemerken ist, dass das oben Entwickelte für die Höhen zunächst nur mit $\alpha > 0^0$ gilt; von den 4 Versuchsstrecken steigen A_0B und A_0C; die genauen Höhendifferenzen sind nur angegeben, wo sie auch am Modell abgelesen sind).

Entfernung vom Standpunkt A_0 mit Latten gemessen		Höhenunterschied gegen den Standpunkt A_0	Genäherter Höhenwinkel (*berechnet*, nicht abgelesen)	Tachymeter-Ablesung an der Latte für die *Entfernung*	Lattenablesung mal 111 (bei $k = 100$ fällt Rechnung weg)	Entfernungsverbesserung in % (Abrundung der Entfernungen auf 1 *dm*)
A_1	47,25	—	$-3^0,4$	0,426	47,3	−0,1
A_2	69,98	—	$-3^0,2$	0,632	70,1	−0,2
A_3	94,40	—	$-2^0,9$	0,850	94,5	−0,1
A_4	126,50	—	$-2^0,6$	1,140[1]	126,6[1]	−0,1[1]
A_5	155,35	—	$-2^0,7$	— [2]	—	—
B_1	9,85	+0,53	$+3^0,1$	0,088	9,8	0,0
B_2	28,32	+2,48	$+5^0,1$	0,255	28,3	0,0
B_3	49,88	+4,56	$+5^0,2$	0,450	50,0	−0,2
C_1	19,75	+1,46	$+4^0,2$	0,177	19,7	0,0
C_2	45,58	+3,35	$+4^0,2$	0,409	45,4	+0,4
C_3	73,52	+5,63	$+4^0,4$	0,660	73,3	+0,3
D_1	18,22	—	$-2^0,1$	0,164	18,2	0,0
D_2	56,22	—	$-2^0,5$	0,505	56,1	+0,2
D_3	87,89	—	$-2^0,5$	0,794	88,2	−0,3

[1]) War zweifelhaft wegen der mangelhaften Reinheit und zu grossen Stärke der Linien des Diagramms.

[2]) Aus demselben Grund nicht mehr ablesbar.

Als *durchschnittlichen* prozentischen Entfernungsfehler findet man also hier

$$\pm 0{,}15\,\%,$$

ziemlich in Uebereinstimmung (wie zu erwarten war) mit den Ergebnissen der gewöhnlichen Tachymetermessung. Dabei gehen allerdings die Höhenwinkel über 5° kaum hinaus. Aber auch bei grössern Höhenwinkeln, wo die Empfindlichkeit der *Entfernungsmessung* weniger gering gegen Fehler im Höhenwinkel ist als bei kleinen Höhen- oder Tiefenwinkeln, habe ich in den Entfernungen keine Abweichung der Genauigkeit gegen die sonst übliche topographische Tachymetermessung mit nachträglicher Reduktion gefunden.

Von den *Höhen* seien nur die Punkte B und C mitgetheilt.

	Höhenablesung an der Latte	Lattenablesung mal 22,2 (bei $q = 20$ fällt Rechnung weg)	Höhenverbesserung
B_1	+ 0,020	+ 0,44	+ 0,09
B_2	+ 0,115	+ 2,55	— 0,08
B_3	+ 0,224 (?)	+ 4,97 (?)	— 0,41 (?)
C_1	+ 0,061	+ 1,35	+ 0,11
C_2	+ 0,163	+ 3,62	— 0,27
C_3	+ 0,260	+ 5,77	— 0,14

Hier zeigen sich die Höhenfehler nicht alle sehr ermuthigend. Ich muss aber auch darauf aufmerksam machen, dass vor diesen Versuchen das an sich ungenügende Modell bereits stark benutzt und die Fläche A ungleichmässig abgenutzt war.

7. *Schlussbemerkungen.* Was die Bequemlichkeit der *Ablesung* angeht, so scheint sie geringer zu sein am Schnittpunkt des Fadens vv mit *schiefen* (gekrümmten) Fäden für Entfernung und Höhe als an dem zweiten *horizontalen* Faden beim gewöhnlichen Tachymeter; ich habe aber nur ganz geringen, wenn überhaupt einen Unterschied gefunden. Ueber die nächsten *Abänderungen* sei Folgendes notirt: das Diagramm wäre zu verdoppeln, um mit *gleichartiger* Einstellung für Höhen- und für Tiefenwinkel richtige Resultate zu erhalten, der Horizontalfaden hh wäre in die *Mitte* des Gesichtsfeldes zu legen, und der Anblick des Diagramms im Fernrohr wäre der von Fig. 8. Man könnte für die Höhen auch geradezu + und — auf das Glas zu beiden Seiten der Mitte des Diagramms setzen. Das Diagramm könnte, statt mikrophotographisch auf das Glas gebracht zu werden, wohl auch mit dem Diamanten übertragen werden, wenn man die Originalzeichnung in genügend grossem Maassstab entwirft und einen passenden Storchschnabel dazu besonders herstellt. An dem Modell ist auch eine Korrektionsvorrichtung für die Entfernung r zwischen Fadenkreuzebene und Kippachse vorhanden; es sollte dies nach der Absicht von Hrn. Tesdorpf besonders dazu dienen, den Stift an eine andere Stelle von A bringen zu können, wenn seine augenblickliche Kreisbahn auf A etwa abgenutzt und nicht mehr zuverlässig wäre. Allein mit Veränderung von r stimmen die Abmessungen des Diagramms nicht mehr und der Fehler würde, wenn auch nicht in den *Entfernungen* für kleine Neigungen der Zielung, so doch in den *Höhen* rasch fühlbar. Am empfindlichsten

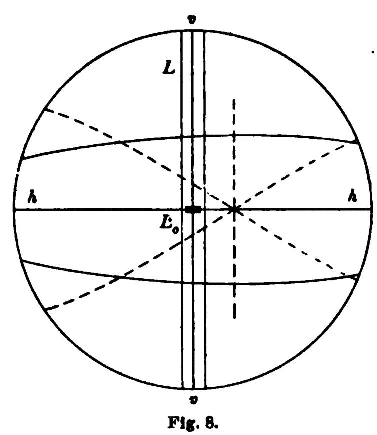


Fig. 8.

ist aber die Nothwendigkeit *sehr* genauer Ebenflächigkeit von A; auf dieser Fläche schleift der Stift S hin und her und zwar am häufigsten um die Mittellage, indem ein Punkt der Bahn von S auf A im Allgemeinen um so weniger oft von S berührt wird, je weiter er von der Nulllage des Stifts (Zielung des Fernrohrs horizontal) entfernt liegt. Die *Abnutzung* von A und zwar die *ungleiche* Abnutzung ist der einzige, allerdings sehr ernste Einwand gegen das ganze Verfahren; sie ist viel mehr zu fürchten als Staub u. s. w., der zwischen S und A kommen kann (es liessen sich dagegen feine Wischer über und unter S, mit dem Fernrohr beweglich, anbringen). Man könnte eine Vorrichtung anbringen, die den Stift S bei jedem Versuch, das Fernrohr auf- oder abwärts zu bewegen, von A *abhebt*, z. B. mit dem *Lösen* der Klemmschraube für die Vertikalbewegung des Fernrohrs abhebt, mit dem Anziehen dieser Klemme aber ausser Thätigkeit tritt, sodass S durch die Feder s *sehr leicht* gegen A angelegt wird. Eine solche Vorrichtung wäre sehr einfach herzustellen und würde viel nützen; aber auch mit ihr würde die Reibung des Stifts in der Gegend der Mittellage viel häufiger sein als weiter aussen. Ohne eine solche Vorrichtung wird die Fläche A und damit das Instrument jedenfalls in kürzester Zeit unbrauchbar, wenn sie nicht aus einem sehr harten Material gearbeitet ist. An meinem Modell, an dem A aus Glockenguss besteht, ist dies bereits eingetreten. Wenn es gelingen würde, die Fläche A und den Stift S aus Materialien zu machen, die die *ganze* Abnutzung auf S übertragen (z. B. A vielleicht aus polirtem glashartem Stahl, S aus Bein oder dgl., ferner statt des Stifts P eine *Rolle* oder ähnliches), so liesse sich die Sache befriedigend machen. Man hätte dann nichts zu thun, als nach z. B. 100 abgelesenen Punkten S wieder zu korrigiren (wie oben angegeben ist, mit Hülfe von N_3 und der Deckung des Vertikalfadens des Diagramms mit dem festen Vertikalfaden), was in wenigen Sekunden geschehen wäre. Aber unbequem ist diese ausserordentliche Empfindlichkeit von A jedenfalls, und es ist wohl möglich, dass die ganze Sache, was die *Höhen* betrifft, daran scheitert. Wenn man die Beträge ausrechnet, auf die der Veränderung von w für 1' Veränderung im Höhenwinkel gemäss die Platte A eben sein und bleiben müsste, so findet man ausserordentliche geringe Zahlen ($^1/_{300}$ *mm* ungefähr zwischen 0^0 und 20^0, wie sich aus der Tabelle der w unmittelbar ergiebt) und die Befürchtung ist nicht zu unterdrücken, dass für die *Höhen* die Fläche A nicht genügend eben *erhalten* werden kann. Für die *Entfernungen* aber halte ich die Ausführbarkeit für bewiesen und auch für die Höhen sollten erst nähere *Versuche* angestellt werden. Einigermaassen helfen könnte man dadurch, dass man i grösser nimmt, wobei man sich dann freilich mit einem kleineren extremen Werth des Höhenwinkels begnügen muss (20^0 statt 30^0 z. B. etwa, wenn i $1^1/_2$ mal so gross genommen wird als oben).

Ueber das wirklich Erreichbare können nur Versuche entscheiden, die mit möglichst verschiedenen Materialien (Stein, Stahl für A) hoffentlich Jemand anzustellen in der Lage und willens ist; es wird für die Höhen alles davon abhängen, ob man die Abnutzung der Fläche A genügend *klein* und *gleichmässig* machen, d. h. die ganze Abnutzung genügend auf S (Rolle) allein übertragen kann.

In Beziehung auf das Diagramm sei hier nur noch bemerkt, dass man bei der Porro-Linse, ähnlich wie beim Huygens'schen Fernrohr, eine kleine Veränderung an k (z. B. von 101 oder 99 auf 100), wenn bei der Herstellung a nicht ganz genau getroffen ist, dadurch erzielen kann, dass man b nicht ganz unveränderlich macht, sondern von dem Ring R, der die Porro-Linse trägt, zwei Hebel durch zwei Längsschlitze im Objektivrohr heraustreten lässt und erst nachdem k zu 100 gemacht ist,

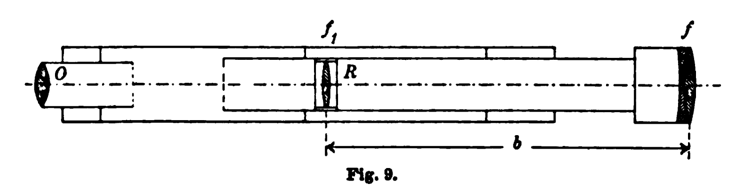


Fig. 9.

die Porro-Linse fixirt (vergl. die schematische Fig. 9); mein Modell hat bereits diese Einrichtung. Freilich ist der Einfluss einer (noch zulässigen) Verschiebung von b auf k (s. die Gl. (4)) geringer, als eine kleine Verschiebung des Kollektivs im Huygens-schen Fernrohr.

Ein neues fluoreszirendes Okular.

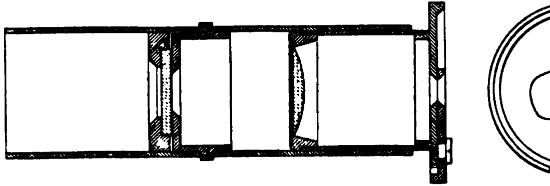
Von

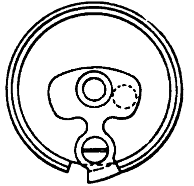
Dr. F. F. Martens.

(Mittheilung aus der optischen Werkstätte von Franz Schmidt & Haensch in Berlin.)

Das wichtigste Hülfsmittel zur Untersuchung der ultravioletten, auf unsere Netzhaut fast garnicht einwirkenden Strahlen besitzen wir in der photographischen Platte; mittels derselben hat Hr. Schumann[1]) Strahlen bis zur Wellenlänge von nur 100 $\mu\mu$ untersucht. Ein weniger vollkommenes, aber bequemeres Hülfsmittel bietet die Fluoreszenz, welche gestattet, Strahlen bis zur Wellenlänge von etwa 185 $\mu\mu$[2]) zu beobachten.

Um mittels der Fluoreszenz das ultraviolette Spektralgebiet sichtbar zu machen, benutzt man das *fluoreszirende Okular* in Verbindung mit einem Spektralapparat, dessen Linsen aus Quarz oder aus Quarz und Flussspath, dessen Dispersionsprisma aus Quarz besteht. In der Brennebene des Fernrohres, am Orte des reellen Spektrums, befindet sich eine Schicht fluoreszirender Substanz, z. B. eine Uranglasplatte. Die von





ultravioletten Strahlen merklicher Intensität getroffenen Stellen der Uranglasplatte senden dann nach allen Richtungen hin Strahlen grösserer Wellenlänge aus, Strahlen, die das Auge als Licht wahrnimmt. Damit die Empfindlichkeit des Auges für diese durch Fluoreszenz erregten Strahlen voll ausgenutzt wird, muss man den mittels regelmässiger Brechung durch das Fernrohr gehenden Strahlen des sichtbaren Gebietes des reellen Spektrums den Zugang ins Auge verwehren. Dies bewirkt Hr. Soret[3]), indem er das ganze Ramsden'sche Okular um eine horizontale Achse um etwa 45° dreht. Einfacher ist die in nebenstehender Figur gezeichnete Anordnung[4]).

---

[1]) V. Schumann, Ueber die Photographie der Lichtstrahlen kleinster Wellenlängen. *Sitz.-Ber. d. K. Akad. d. Wiss., Wien. Math.-naturw. Klasse* **102.** *S. 625. 1893; Eder's Jahrb. f. Photogr. 1890. S. 158; 1891. S. 217.*

[2]) C. Leiss, Ueber neuere spektrographische Apparate. *Diese Zeitschr.* **17.** *S. 321. 1897.*

[3]) J. L. Soret, *Pogg. Ann. Jubelband S. 167. 1874; Arch. des sciences physiques et naturelles* **49.** *S. 338. 1874;* **57.** *S. 319. 1876;* **4.** *S. 510. 1880.*

[4]) Vom Verf. im Sommer 1897 konstruirt, ist dies Okular von Franz Schmidt & Haensch auf der 69. Jahresvers. Deutscher Naturforscher und Aerzte in Braunschweig ausgestellt worden. Ohne das Okular gesehen zu haben, hat Hr. Dr. Czapski in Jena im Anfang d. J. 1898 ein fluoreszirendes Okular nach dem gleichen Prinzipe konstruirt.

Nahe der dem Auge zugekehrten Brennebene des Okulars befindet sich eine Blende; die eine zentrische Oeffnung der Blende ist kongruent mit dem Bilde, welches das Okular vom Fernrohrobjektiv entwirft; exzentrisch ist eine zweite Oeffnung angebracht; ein kleiner Hebel giebt je nach seiner Stellung die eine oder die andere Oeffnung frei. Blickt man durch die zentrische Oeffnung, so gelangen die mittels regelmässiger Brechung durch das Fernrohr gegangenen Strahlen ins Auge; blickt man durch die exzentrische Oeffnung, so fallen diese Strahlen auf das undurchsichtige Material des Hebels, und es gelangen nur die von der fluoreszirenden Platte diffus nach allen Richtungen ausgesandten, ein ultraviolettes Intensitätsmaximum anzeigenden Strahlen ins Auge.

Ueber die Berechnung von zweilinsigen Objektiven.

Von

C. V. L. Charlier in Lund.

Im 31. Jahrgang der Vierteljahrsschrift der astronomischen Gesellschaft habe ich die Grundzüge einer allgemeinen Theorie zur Berechnung von astronomischen und photographischen Objektiven veröffentlicht, und nach derselben die Berechnung zweilinsiger Objektive vollständig durchgeführt. Da indessen einige störende Druckfehler sich in die publizirten Formeln eingeschlichen haben, erlaube ich mir die Formeln in ihrer richtigen Form hier mitzutheilen.

Man stelle an ein zweilinsiges Objektiv folgende Bedingungen:

1. Die Fokallänge in der Achse sei für zwei bestimmte Farben dieselbe (*Achromatismus*),
2. die *sphärische Aberration in der Achse* verschwinde,
3. die Bilder ausser der Achse seien von symmetrischer Form (*Symmetriebedingung*),

dann werden die Radien der vier brechenden Flächen des Objektives durch die folgenden Formeln erhalten.

Es bedeute n_0 den Brechungsindex des ersten Glases (welches dem Objekte am nächsten steht), n_2 denjenigen des zweiten Glases. Es seien weiter b_0 und b_2 die Dispersionen der beiden Gläser; setzt man ferner

$$\nu = \frac{b_0 (n_2 - 1)}{b_2 (n_0 - 1)};$$

$$k_3 = -\frac{n_2^2}{(n_2 - 1)^2 (n_2 + 1)^2}; \quad k_2 = -\frac{n_2^2}{(n_2 + 1)^2}; \quad k_1 = \frac{n_2^2}{(n_2 + 1)^2} - \frac{n_2 n_0}{(n_2 + 1)^2 (n_0 - 1)};$$

$$k_0 = \frac{2 n_2 n_0}{(n_2 + 1)^2 (n_0 - 1)} + \frac{n_0^2}{(n_0 - 1)^2}; \quad k_{-1} = -\frac{n_2 (n_2 + 2)}{(n_2 + 1)^2} \cdot \frac{n_0^2}{(n_0 - 1)^2};$$

$$l_1 = -\frac{n_2 (n_0 + 1)}{(n_2 + 1)^2 n_0}; \quad l_0 = \frac{2 n_2 (n_0 + 1)}{(n_2 + 1)^2 n_0} + \frac{2 n_0 + 1}{n_0 - 1};$$

$$l_{-1} = -\frac{2 n_2 (n_2 + 2) (n_0 + 1)}{(n_2 + 1)^2 (n_0 - 1)};$$

$$m_0 = \frac{n_0 + 2}{n_0}; \quad m_{-1} = -\frac{n_2^2 (n_2 + 2) (n_0 + 1)^2}{(n_2 + 1)^2 n_2 n_0^2};$$

$$\alpha_1 = \frac{n_2^2}{(n_2 + 1)(n_2 - 1)}; \quad \alpha_0 = -\frac{2 n_2 + 1}{n_2 + 1}; \quad \alpha_{-1} = \frac{n_2 n_0}{(n_2 + 1)(n_0 - 1)};$$

$$\beta_{-1} = \frac{n_2 (n_0 + 1)}{(n_2 + 1) n_0}$$

und weiter

$$K = k_3 \nu^3 + k_2 \nu^2 + k_1 \nu + k_0 + k_{-1} \cdot \frac{1}{\nu},$$

$$L = l_1 \nu + l_0 + l_{-1} \cdot \frac{1}{\nu},$$

$$M = m_0 + m_{-1} \cdot \frac{1}{\nu},$$

$$\alpha = \alpha_1 \nu + \alpha_0 + \alpha_{-1} \cdot \frac{1}{\nu},$$

$$\beta = \beta_{-1} \cdot \frac{1}{\nu},$$

so bestimmt man zuerst die Grösse u aus der Gleichung

$$K u^2 + L u + M = 0,$$

und dann zwei Grössen v und w aus

$$v = \alpha u + \beta,$$

$$w = \frac{\nu u}{n_2 - 1}.$$

Die vier Radien ϱ_0, ϱ_1, ϱ_2, ϱ_3 sind dann durch die folgenden Gleichungen gegeben (F = Fokallänge)

$$\varrho_0 = (\nu - 1) u F$$

$$\frac{\varrho_0}{\varrho_1} = \frac{u}{n_0 - 1} + 1$$

$$\frac{\varrho_0}{\varrho_2} = v$$

$$\frac{\varrho_0}{\varrho_3} = v - w.$$

Referate.

Erweiterte Anwendung der Photographie in der Astronomie.

Von E. C. Pickering. *Astron. Nachr.* **146.** *Nr. 3489. S. 139. 1898.*

In neuerer Zeit wird die Photographie in der Astronomie mit mehr und mehr Erfolg auch in den Fällen angewendet, wo es sich um die Feststellung des Momentes für den Eintritt einer Erscheinung handelt. Eine besonders rege Thätigkeit entfaltet nach dieser Richtung hin der Direktor der Sternwarte vom Harvard College in Cambridge, Mass., E. C. Pickering.

Wir wollen hier über seine Methode zur Bestimmung der Zeit des Eintrittes eines Jupitertrabanten in den Schatten des Jupiter und über die zur Bestimmung des Momentes einer Sternbedeckung durch den Mond referiren.

Um die Verfinsterungen der Jupitertrabanten zu photographiren, wurde die Platte zu wiederholten Malen je 10 Sekunden exponirt, welche Zeit hinreichte, um ein deutliches Bild der Trabanten zu erhalten. Nach je 10 *S.* wurde das Fernrohr, ohne dass das Licht vorher erst abgeblendet worden wäre, in Deklination etwas verstellt, sei es durch Hand oder automatisch mittels eines zu diesem Zweck konstruirten elektromagnetischen Apparates, welcher einem Gewicht alle 10 Sekunden eine kleine Strecke zu fallen und dabei die mit der Feinschraube für Deklination verbundene Rolle, über welche eine Schnur gelegt war, ein Stück weiter zu drehen gestattete. Am Ende jeder Minute wurde das Fernrohr um den doppelten Betrag in Deklination verstellt, sodass auf der Platte die Reihe der Bilder von Jupiter mit seinen Monden in Gruppen von je sechs angeordnet war.

Durch die photometrische Vergleichung der Bilder ergab sich die Zeit der ersten Lichtabnahme sowie die Zeit, wo eine Exposition von 10 *S.* nicht mehr zur Erzeugung des Tra-

bantenbildchens auf der Platte genügte. In ganz analoger Weise wurde die Zeit des Schattenaustrittes eines Trabanten bestimmt.

Am 25. Februar d. J. hat Verfasser den Apparat in etwas verbesserter Form zur Beobachtung der Bedeckung von 26 Arietis, eines Sternes 6,1. Grösse, durch den Mond in Anwendung gebracht. Der elektrische Strom wurde in jeder Sekunde einmal geschlossen und einmal geöffnet und die Platte sowohl durch den Schluss wie durch die Oeffnung jedesmal um 0,3 *mm* weiter bewegt. In jeder Sekunde entstanden also vom Stern zwei Bildchen, und zwar war das während des Stromschlusses aufgenommene Bild um 3 Grössenklassen schwächer als das andere, die Helligkeiten verhielten sich also wie 1 : 16.

Nimmt man auf Grund von Versuchen an, dass bei so kurzen Expositionszeiten die photographische Wirkung der Expositionszeit proportional ist, so würde in jeder Sekunde der Strom 0,06 *S.* lang geschlossen und 0,94 *S.* lang geöffnet gewesen sein.

Die Betrachtung des Photogrammes ergab, dass die mit einander abwechselnden hellen und schwachen Bildchen keine Helligkeitsabnahme zeigten bis zu dem Bildchen (einschliesslich), welches in der Zeit von $6^h\,35^m\,50{,}06^s$ bis $6^h\,35^m\,51{,}00^s$ aufgenommen worden war. In der Zeit von $51{,}00^s$ bis $51{,}06^s$ war keine Lichtwirkung hervorgebracht worden, wohl aber war zwischen $51{,}06^s$ und $52{,}00^s$ ein Bildchen entworfen worden, welches etwas schwächer war als die in $0{,}06^s$ gemachten Aufnahmen.

Aus der Existenz dieses Bildchens würde sich schliessen lassen, dass die Sternbedeckung gegen $51{,}12^s$ erfolgte; der Umstand aber, dass das vorangehende schwache Bildchen fehlt, deutet nach dem Verfasser auf ein allmähliches Verschwinden hin. Würde die Bedeckung schon vor $51{,}00^s$ stattgefunden haben, etwa um $50{,}90^s$, so würde am letzten hellen Bildchen eine Intensitätsabnahme um $^1/_{12}$ Grössenklasse wahrzunehmen gewesen sein. Verf. giebt daher als die bis auf $0{,}1^s$ genaue Zeit der Bedeckung an $6^h\,35^m\,51{,}1^s$.

Das nicht ganz plötzliche Verschwinden kann man, wie Verfasser zu thun scheint, der Wirkung einer Mondatmosphäre zuschreiben. Der Verfasser konnte aber anderseits keine Intensitätsabnahme bei den letzten 5 Sternbildern erkennen, die bei einem Abstand des Sternes vom Mondrand um 1,8″, 1,4″, 1,0″, 0,6″, 0,2″ aufgenommen worden waren. Nach Ansicht des Ref. würde sich die photographisch beobachtete Erscheinung durch die Annahme eines Begleiters erklären lassen, der bedeutend lichtschwächer wie der Hauptstern von diesem im ungefähren Positionswinkel 90° nur um Bruchtheile einer Bogensekunde absteht. So würde z. B. ein Begleiter, der um 2,7 Grössen schwächer wäre als der Hauptstern und im Positionswinkel 90° um 0,4″ von ihm abstände, nach einem Verschwinden des Hauptsterns um $51{,}00^s$ während der nächsten $0{,}06^s$ keine merkliche Spur auf der Platte hinterlassen haben, wohl aber in der Zeit von $51{,}06^s$ bis zu seinem Verschwinden um $51{,}80^s$ eine solche von gleicher Intensität, wie sie der Hauptstern früher in $0{,}06^s$ hinterliess. *Kn.*

Distanzmesser ohne Latte.

Von B. Kaibel. *Zeitschr. für Vermess.* **27.** *S. 339. 1898.*

Der Verfasser hat einen Parallaxendistanzmesser für Artilleriezwecke hergestellt, der Entfernungen zwischen 50 und 6000 *m* mit befriedigender Genauigkeit angeben soll. Der Apparat hat zwei getrennte Fernrohre an den Enden einer Basisschiene von konstanter Länge (etwa 1000 *mm*); hierdurch ist seine Leistungsfähigkeit einigermaassen gekennzeichnet. Die Uebertragung der kleinen Parallaxenstrecke auf das Uhrwerk „in vielhundertfacher Vergrösserung“ scheint, soweit man nach den in einem besonderen Schriftchen des Verf. enthaltenen Zeichnungen urtheilen kann, in sehr zweckentsprechender Weise gemacht zu sein. Allein entscheiden können nur praktische Messergebnisse, die unter den Bedingungen der wirklichen Verwendung des Instruments angestellt sein müssen. *Hammer.*

Eine neue Sprengel'sche Quecksilberluftpumpe.

Von Egon Müller. *Wied. Ann.* **65.** *S. 476. 1898.*

Die wesentliche Verbesserung der Sprengel'schen Pumpe besteht darin, dass der Verfasser zwei Fallröhren, eine weitere und eine engere, anordnet, welche durch Umstellen

eines Dreiwegehahnes nach einander in Thätigkeit gesetzt werden können. Die weitere Röhre wird benutzt, wenn der Druck in dem zu evakuirenden Apparat von Atmosphärendruck bis zu einem Druck von etwa 40 *mm* Quecksilber ohne Hülfe einer anderen Pumpe erniedrigt werden soll. Ist dieser Druck erreicht, so tritt die enge Röhre in Thätigkeit. *Schl.*

Das stereoskopische Mikroskop nach Greenough.

Von S. Czapski. *Zeitschr. f. wissensch. Mikr.* ***14.*** *S. 289. 1897.*

Das binokulare Präparir- und Horizontalmikroskop.

Von L. Drüner *und* H. Braus. *Ebenda* ***14.*** *S. 5. 1897.*

In der Einleitung wird zunächst der Verbreitung gedacht, welche das binokulare Mikroskop bisher gefunden, und die Urtheile erörtert, welche von verschiedenen Seiten für und gegen den Werth dieses Instruments für mikroskopische Untersuchungen abgegeben sind.

Verf. wendet sich dann zur Darstellung der allgemeinen für die Konstruktion des neuen Mikroskops maassgebenden Gesichtspunkte; dasselbe wurde nach Ideen des Pariser Biologen H. S. Greenough von C. Zeiss in Jena ausgeführt. Das Mikroskop ist nur für schwache Vergrösserungen (höchstens 100-fach) eingerichtet, bei denen ja die Bedingungen für gute Ausnutzung der stereoskopischen Wirkung noch vorhanden sind. Mit Rücksicht auf die Verwendung beim Präpariren u. dgl. ist für die Entstehung eines aufrechten Bildes gesorgt. Statt der üblichen Theilung des Objektivs für die Erzeugung der beiden Bilder sind zwei Mikroskoprohre mit je einem Objektiv und Okular in passender Neigung (etwa 14°) gegeneinander verbunden, wodurch neben dem Vortheil grösserer Lichtstärke günstigere dioptrische Bedingungen für die Vollkommenheit der Abbildung gewonnen werden. Endlich ist einer bisher nicht beachteten Forderung genügt, welche auf den richtigen Grad der plastischen Wirkung abzielt; das Bild soll weder zu flach erscheinen, noch einen übertriebenen stereoskopischen Effekt hervorrufen, d. h. der Gegenstand muss dem Beobachter in seinen Quer- und Tiefendimensionen gleich vergrössert erscheinen, eine Kugel z. B. darf nicht in ein Ellipsoid verzerrt sein. Die Bedingung für diese Art der Abbildung, die von Greenough als orthomorphisch bezeichnet wird, lautet: Das Verhältniss des Pupillenabstands des Beobachters dividirt durch den Abstand der Eintrittspupillen des Mikroskops muss gleich der linearen Vergrösserung des Bildes sein.

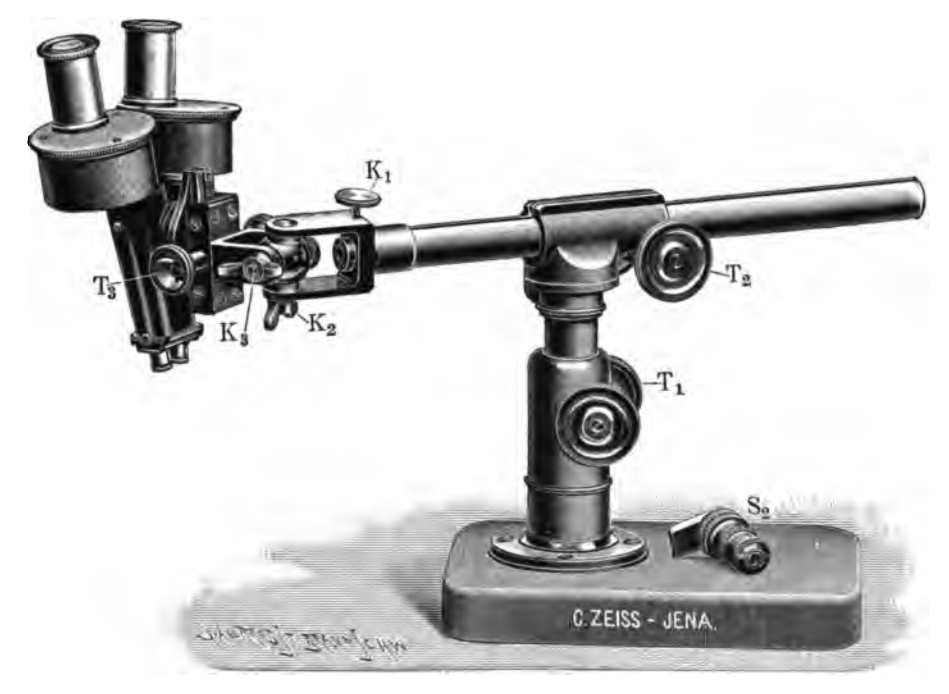
Was die technische Ausführung des Mikroskops betrifft, so wird die Bildaufrichtung statt durch besondere Linsen durch ein Porro'sches Prismensystem, das zwischen Objektiv und Okular eingeschaltet ist, bewirkt. Abgesehen von dem Vortheil geringer Länge des Mikroskoptubus ermöglicht diese Anordnung eine leichte und bequeme Anpassung der Okulardistanz an die verschiedenen vorkommenden Augenabstände. Da die Okularachsen gegen die Tubusachsen seitlich versetzt sind, geschieht dies einfach, indem man die Okulare sammt Prismengehäuse um letztere Achsen dreht. Um den für die orthomorphische Abbildung nöthigen Strahlengang herbeizuführen, werden nach unten konische Blendrohre an die Objektive angeschraubt, welche die vorderen Knotenpunkte des Mikroskops entsprechend abblenden. Der Objekttisch zeigt im Wesentlichen dieselbe Einrichtung wie bei dem von C. Zeiss gebauten Präparirmikroskop nach P. Mayer.

Eine etwas abgeänderte Ausführungsform, die sich besonders als Hornhautmikroskop eignet, soll demnächst an anderer Stelle beschrieben werden.

Nach den Angaben von C. Drüner und H. Braus ist ferner ein eigenartiges Stativ zu diesem binokularen Mikroskop konstruirt worden, dessen Gebrauch besonders empfohlen wird, wenn es sich darum handelt, grössere Flächen abzusuchen oder den Bewegungen kleiner Organismen im Aquarium zu folgen (s. die Figur).

Zu dem Zweck ist bei dem Stativ eine sehr vielseitige Beweglichkeit vorgesehen. Für die Hebung und seitliche Bewegung des Mikroskops werden mittels der Triebe T_1 und T_2 eine vertikale und eine horizontale Zahnstange bewegt, um die sich durch Schrauben (nur die eine K_1 ist deutlich sichtbar) arretirbare Hülsen drehen lassen. Die Hülse an der hori-

zontalen Zahnstange setzt sich in eine Gabel fort, mit der das Mikroskop durch ein Kugelgelenk verbunden ist, sodass dasselbe in jede Lage zum Stativ gebracht werden kann; zwei Flügelschrauben K_2 und K_3 dienen zur Arretirung in einer bestimmten Lage. Mit Hülfe des Triebes T'_3 wird endlich auch das Präparat eingestellt. Damit beim Auswechseln der beiden Objektive gegen ein einzelnes Objektiv zum monokularen Sehen, etwa Zeiss' a^* mit



variabler Vergrösserung, die Einstellungsbewegung in Richtung der einen Tubusachse gebracht werden kann, ist der Doppeltubus auf einer Drehscheibe angeordnet. Letztere gestattet auch noch, den Doppeltubus senkrecht zur Einstellungsbewegung zu richten; die verschiedenen Stellungen sind durch Signale bezeichnet. Mit Rücksicht auf bequeme Bedienung tragen sämmtliche Triebe Doppelköpfe.

Nach Angaben der Verf. kann man mit diesem Stativ

1. „den Tubus zu jedem beliebigen, in Horizontal-, Schräg- oder Vertikalstellung befindlichen Objekt so aufstellen, dass mittels Zahn und Trieb genau derjenige Punkt des Objekts eingestellt werden kann, welchen man untersuchen will,
2. von dieser Grundstellung aus die benachbarten Theile des Objekts, seien sie seitlich vom Ausgangspunkt, seien sie tiefer oder höher gelegen, durch Benutzung der entsprechenden Triebe oder Drehung der am besten nicht arretirten Hülse am oberen Ende der vertikalen Zahnstange gleich leicht erreichen,
3. zum Zweck einer Betrachtung der präparirten Stelle mit blossem Auge das Instrument durch Drehung in der letzteren Hülse beiseite schieben und mit einem Griff genau die ursprüngliche Einstellung wieder herbeiführen." *A. K.*

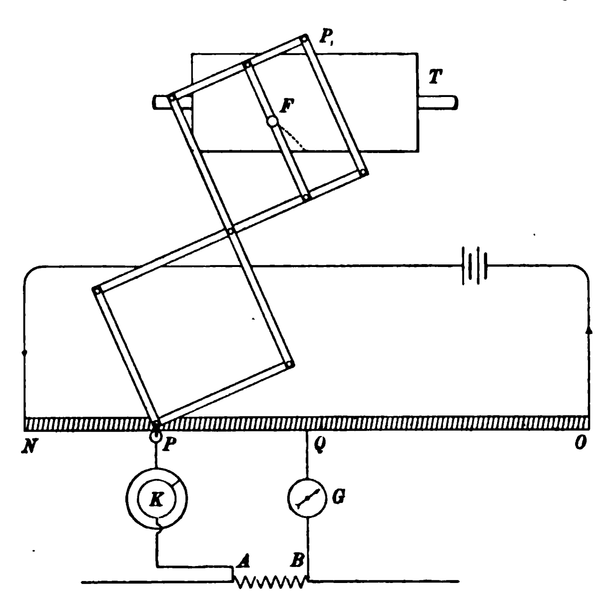
Ueber einen automatischen Apparat zur Aufnahme von Wechselstromkurven.

Von E. B. Rosa. *Electrician* **40.** *S. 126, 221 u. 318. 1897; Phys. Rev.* **6.** *S. 17. 1898.*

Der Apparat von Rosa zur Aufnahme von Wechselstromkurven beruht auf der bekannten Methode von Joubert.

Auf einen Hartgummizylinder *NO* (s. die Fig.) von 80 *cm* Länge ist gleichmässig eine Lage Kupfer- oder Neusilberdraht aufgewunden. Der Draht muss an der Aussenseite blank sein, sodass der Schleifkontakt *P*, der über den Zylinder gleitet, immer guten Kontakt giebt. Diese Spule wird durch Akkumulatoren und einen Regulirwiderstand zu einem Stromkreis

geschlossen und der Strom so regulirt, dass an den Enden der Spule eine bekannte und konstante Potentialdifferenz herrscht. Die Konstanz wird durch einen Spannungsmesser kontrolirt. Andrerseits fliesst der Wechselstrom, dessen Stromkurve bestimmt werden soll, durch den induktionslosen Widerstand AB. Von der Mitte Q der Spule NO führt eine feste Leitung durch ein empfindliches, möglichst aperiodisches Galvanometer G zu dem Punkte B; weiter geht von dem Punkt A eine Leitung durch den rotirenden Kontaktapparat K zu dem Schleifkontakt P. Der Kontaktapparat ist mit der Welle der Wechselstrommaschine fest gekuppelt und stellt einen Kontakt her, so oft der Strom dieselbe Phase durchschreitet. Bringt man den Strom im Galvanometer zum Verschwinden, so ist die Potentialdifferenz an den Enden von AB gleich derjenigen an den Punkten PQ; je nachdem dabei der Schleifkontakt links oder rechts vom Punkte Q steht, ist der Strom positiv oder negativ zu rechnen. Da nun der Draht auf NO gleichmässig aufgewunden, so ist die Strecke PQ proportional der Stromintensität nach Grösse und Richtung für die betreffende Phase. Durch Verstellen des Kontaktapparates erhält man in gleicher Weise die Stromintensitäten für die anderen Phasen und somit eine beliebige Anzahl Punkte der Stromkurve.



Eine Kurvenaufnahme nach dieser Methode erfordert ziemlich viel Zeit; deshalb hat Rosa den Apparat so gebaut, dass ein grosser Theil der Manipulationen automatisch ausgeführt wird. Ein Pantograph hat in P_1 einen festen Drehpunkt, während das gegenüberliegende Ende P mit dem Schleifkontakt verbunden ist. Auf einem Querstab sitzt ein kleiner Elektromagnet F, der sich beim Verschieben des Schleifkontaktes parallel zur Spule NO bewegt. Unter dem Anker des Elektromagnetes befindet sich eine zylindrische Trommel, deren Achse ebenfalls parallel zu NO liegt. Ist die Trommel mit einem Blatt Koordinatenpapier überzogen, so druckt beim Erregen des Elektromagnetes ein am Anker sitzender Stift einen Punkt auf das Papier. Dabei ist der Abstand des Punktes F von der Mittellinie offenbar proportional PQ und somit auch proportional der augenblicklichen Stromstärke des Wechselstromes für die betreffende Phase. Nun ist sowohl an der Registrirtrommel, als auch am Kontaktapparat je ein kleiner Elektromagnet angebracht. Wird durch einen Taster der Elektromagnet F erregt, so schliesst er auch den Strom in diesen beiden; beim Oeffnen des Strrmes ziehen dann Sperrhaken am Anker dieser Elektromagnete Zahnräder vorwärts, die mit den Achsen des Kontaktapparats und der Trommel in verschiedener Weise gekuppelt werden können. Es werden dadurch beide Achsen jedesmal um denselben Winkel weiter gedreht. Durch Marken ist dafür gesorgt, dass man stets von derselben Anfangsstellung der Achsen ausgehen kann. Der Umfang der Registrirtrommel beträgt 360 *mm*. Gewöhnlich ist die Kuppelung so gewählt, dass der Zylinder während einer Wellenlänge zwei volle Umdrehungen macht, sodass 1 *mm* 2^{0} des Phasenwinkels entspricht. Der Schleifkontakt wird durch eine Saite gezogen, die an seinen beiden Seiten befestigt ist, und an den Enden der Spule über kleine Rollen führt; an der Unterseite ist sie über eine Welle geschlungen, die durch einen grossen Schraubenkopf gedreht werden kann. Durch Drehen dieser Schraube mit der linken Hand stellt man auf Stromlosigkeit im Galvanometer ein; drückt man nun mit der rechten Hand den Taster herunter, so druckt der Elektromagnet F

auf der Trommel einen Punkt. Lässt man den Taster los, so wird dadurch Trommel und Kontaktscheibe für die nächste Phase eingestellt, man regulirt mit der linken Hand den Schleifkontakt nach und schliesst wieder mit der rechten den Taster u. s. w. Die Spule von Rosa war, wie erwähnt, 80 *cm* lang, während der Pantograph im Verhältniss 1:5 verkleinerte. Wird die Potentialdifferenz an den Enden der Spule auf 4 *Volt* gehalten, so entspricht 1 *Volt* 20 *cm* auf der Spule oder 4 *cm* auf dem Millimeterpapier. Beträgt der Widerstand von AB $1/n$ *Ohm*, so werden n *Ampère* durch eine Ordinate von 4 *cm* dargestellt.

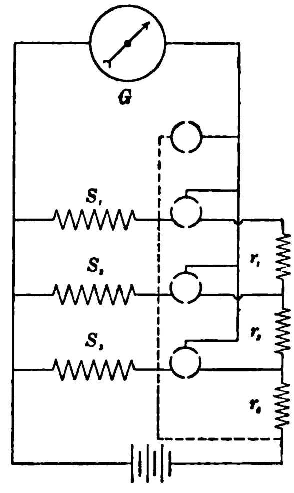
Als Widerstand AB ist dem Apparat ein kleiner Kasten beigegeben, auf dessen Deckel sich 5 Quecksilbernäpfe befinden, welche Widerstände von 1, $^1/_2$, $^1/_5$, $^1/_{10}$ *Ohm* bezw. Kombinationen derselben einzuschalten erlauben.

Verf. erläutert die Anwendung des Apparates auf mehrere praktische Aufgaben; z. B. wird ein Wechselstrom durch einen Transformator geschlossen, in dessen Sekundärkreis sich erst ein induktionsloser Widerstand und dann ein Kondensator befindet. Spannung und Strom des Primärkreises und Strom des Sekundärkreises werden für beide Fälle aufgenommen; stellt man die Kurven durch eine Fourier'sche Reihe dar und vergleicht die Resultate mit den theoretischen Berechnungen, so ergiebt sich durchweg eine zufriedenstellende Uebereinstimmung. *E. O.*

Nebenschluss-Widerstand für Galvanometer.

Von W. M. Stine. *Amer. Journ. of Science 5. S. 124. 1898.*

Will man die Empfindlichkeit eines Galvanometers nicht ganz ausnutzen, so pflegt man parallel zum Galvanometer einen Nebenschluss zu legen. Da dadurch der Gesammtwiderstand des Stromkreises verringert wird, so muss man, um die Stromstärke im Hauptstromkreis konstant zu halten, an einer anderen Stelle einen Ausgleich-Widerstand einschalten. Legt man diese Widerstände in den Galvanometerkreis, so ergeben sich für die Rechnung ziemlich komplizirte Ausdrücke. Bequemer gestaltet sich dieselbe, wenn man den Ausgleich-Widerstand in den Hauptkreis legt. Einen auf dieser Schaltung beruhenden Kasten hat Stine ausgeführt. Die Figur zeigt, dass durch Stecken des obersten Stöpsels die Batterie durch das Galvanometer G direkt geschlossen ist. Wird der nächstfolgende Stöpsel eingesteckt, so hat das Galvanometer den Nebenschluss S_1 erhalten, in den Hauptkreis ist aber der Ausgleich-Widerstand $r_1 + r_2 + r_3$ eingeschaltet. Durch die nächsten Stöpsel werden Nebenschlüsse S_2 bezw. S_3 und Ausgleich-Widerstände $r_2 + r_3$ bezw. r_3 eingeschaltet.



Der Nebenschluss S möge nun bewirken, dass die Stromstärke im Galvanometer auf den n^{ten} Theil sinkt; bezeichnet man noch mit G den Widerstand des Galvanometerkreises und mit Q den Ausgleich-Widerstand, so erhält man die Gleichungen

$$\frac{1}{n} = \frac{S}{S+G} \quad \text{und} \quad G = \frac{SG}{S+G} + Q;$$

daraus folgt

$$Q = G - \frac{G}{n} \quad \text{und} \quad S = \frac{G}{n-1}.$$

Durch die Nebenschlüsse S_1, S_2, S_3 möge n nach einander die Werthe 1000, 100, 10 annehmen, dann ist

$$\begin{aligned} Q_1 &= r_1 + r_2 + r_3 = 0{,}999\,G \quad \text{also} \quad r_1 = 0{,}009\,G \\ Q_2 &= \phantom{r_1 +{}} r_2 + r_3 = 0{,}99\,G \qquad\qquad r_2 = 0{,}09\,G \\ Q_3 &= \phantom{r_1 + r_2 +{}} r_3 = 0{,}9\,G \qquad\qquad\;\; r_3 = 0{,}9\,G \end{aligned} \quad \text{und} \quad S_1 = \frac{G}{999},\; S_2 = \frac{G}{99},\; S_3 = \frac{G}{9}.$$

E. O.

Neu erschienene Bücher.

E. Hammer, Lehrbuch der ebenen und sphärischen Trigonometrie. Zum Gebrauch beim Selbstunterricht und in Schulen, besonders als Vorbereitung auf Geodäsie und sphärische Astronomie. 2. umgearbeitete Auflage. 573 S. Stuttgart, J. B. Metzler. 1897.

Der Wunsch, sowohl dem Studirenden eine Vorbereitung für das Studium der Geodäsie und sphärischen Astronomie zu geben, als auch dem Lehrer der Mathematik an den höheren Lehranstalten aus der Praxis entnommenes Material zu bieten, um den Unterricht in der Trigonometrie lebendiger zu gestalten, ist die Veranlassung zu diesem Lehrbuch der ebenen und sphärischen Trigonometrie gewesen, das jetzt in zweiter und vermehrter Auflage vorliegt.

Der 1. Abschnitt enthält die Beziehungen zwischen den trigonometrischen Funktionen, die Goniometrie. Daran schliessen sich Anwendungen auf die Algebra, die Sätze von Moivre und Cotes, die Darstellung der komplexen Einheitswurzeln und die Auflösung quadratischer und kubischer Gleichungen. Der 2. Abschnitt giebt die Trigonometrie und Polygonometrie der Ebene. Nachdem in den ersten beiden Kapiteln die Auflösung des Dreiecks und Vierecks erledigt ist, wird als Anwendung im dritten Kapitel eine grosse Anzahl geodätischer Aufgaben, wie z. B. die Flächenbestimmung und Theilung, das Abstecken von Geraden und Kreisbogen, die Snellius'sche und die Hansen'sche Aufgabe und Aufgaben zur trigonometrischen Höhenmessung behandelt. Das folgende Kapitel wendet sich dann zur Punktbestimmung vermittelst ebener rechtwinkliger Koordinaten; die Hauptaufgaben der Kleintriangulirung, das Vorwärts- und Rückwärtseinschneiden, finden hier ihre Erledigung. Diese beiden Kapitel sowie das nun folgende über polygonale Züge sind als Vorbereitungen auf die Geodäsie anzusehen. Sie werden aber nicht allein dem Studirenden der Geodäsie, sondern auch dem Mathematiker, der sich über geodätische Fragen orientiren will, von Nutzen sein, umsomehr, als diesen Kapiteln eine Reihe von übersichtlich angeordneten Zahlenbeispielen, wie sie in der geodätischen Praxis vorkommen und behandelt werden, beigegeben sind.

Im 3. Abschnitt werden in übersichtlicher Weise die Formeln der sphärischen Trigonometrie abgeleitet und die Berechnung des sphärischen Dreiecks ausgeführt mit zahlreichen Anwendungen auf mathematische Geographie und Geodäsie. Das letzte Kapitel giebt im Besondern die Grundzüge der sphärischen Astronomie.

Den Schluss des Buches bilden eine Reihe historischer und kritischer Anmerkungen, die in ihrer Gesammtheit einen interessanten Ueberblick der Geschichte der Trigonometrie bilden, und die wahrscheinlich vielen Lehrern sehr willkommen sein werden. *Kr.*

Dölp, Aufgaben zur Differential- u. Integralrechnung, nebst den Resultaten u. den zur Lösung nöth. theoret. Erläuterungen. 7. Aufl. gr. 8°. III, 216 S. Giessen, J. Ricker. Geb. in Leinw. 4,00 M.

Krieger, Mondatlas, entworfen nach den Beobachtungen an der Pia-Sternwarte in Triest. I. Bd. Mit 28 Tafeln u. Ansicht der Sternwarte. gr. 4°. 20 S. Text. Triest, Leipzig, H. Mayer in Komm.

Arbeiten, Astronomisch-Geodätische. Veröffentlichung d. K. Bayerischen Kommission für die internationale Erdmessung. Heft II. gr. 4°. VIII, 176 S. m. Holzschnitten. München 1898. 8,60 M.

Diesterweg, Populäre Himmelskunde u. math. Geographie. 19. Aufl. gr. 8°. Mit 9 z. Thl. kolorirten Tafeln u. 23 Abbildungen. Hamburg 1898. 7,00 M.

Graetz, Die Elektrizität u. ihre Anwendung zur Beleuchtung, Kraftübertragung, Energievertheilung, Metallurgie, Telegraphie u. Telephonie. 7. vielf. vermehrte Aufl. m. zahlreichen Abbildungen. Stuttgart 1898. 7,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVIII. Jahrgang. **September 1898.** Neuntes Heft.

Ueber einen Interferenzmessapparat[1]).

Von
Dr. C. **Pulfrich** in Jena.

Der Apparat ist aus dem Bestreben hervorgegangen, das dem Abbe-Fizeau'schen Dilatometer[2]) zu Grunde liegende Messverfahren — *gleichzeitige Benutzung monochromatischen Lichtes verschiedener Wellenlänge und mikrometrische Ausmessung der Interferenzstreifen* — auch für anderweitige Aufgaben praktisch verwendbar zu machen[3]). Dementsprechend wurde der eigentliche Beobachtungsapparat des Dilatometers von den übrigen, den speziellen Zwecken dieses Instruments dienenden Apparattheilen getrennt und ausserdem mit einer Reihe von Neueinrichtungen versehen, durch welche in der Hauptsache den nachstehenden Forderungen Rechnung getragen worden ist.

Erstens muss die Aufstellung des zu untersuchenden Objektes ohne Rücksicht auf den Beobachtungsapparat erfolgen können, der letztere muss dann auf jedes beliebig angeordnete Objekt *leicht sich einstellen* lassen.

Zweitens ist es wünschenswerth, dass der Apparat sowohl für spektralzerlegtes als auch für *weisses* Licht benutzt werden kann, und endlich

drittens müssen Vorrichtungen getroffen werden, durch welche die im Fernrohr sichtbaren Interferenzstreifen nach Belieben *gerichtet*, d. h. parallel zu den Messfäden gestellt werden können, da der Beobachter nicht immer in der Lage ist, wie beim Dilatometer, das Ausrichten der Streifen am Objekt selbst vorzunehmen. Auf diesen letzten Punkt hat mich Hr. Prof. Dieterici freundlichst aufmerksam gemacht.

Den beiden ersten Forderungen habe ich dadurch genügt, dass ich die beiden Funktionen, welche bisher die Glasprismen P_1 und P_2 (*a. a. O. Fig. 2, S. 372*) hatten, nämlich die spektrale Zerlegung des Lichtes und die Ablenkung der Strahlen um 90°, diesen Prismen abgenommen und zwei von einander unabhängigen Apparattheilen übertragen habe, der Art, dass die spektrale Zerlegung jetzt durch ein im Augen-

[1]) Vorgetragen auf der Naturforscher-Versammlung in Braunschweig am 22. Sept. 1897.

[2]) Vgl. meinen Aufsatz über das Abbe-Fizeau'sche Dilatometer, *diese Zeitschrift* **13.** *S. 365. 1893.*

[3]) Die Aufgaben, um die es sich hierbei in erster Linie handelt, sind solche, bei denen die zu beobachtenden Interferenzstreifen ihren Ort in der die Streifen erzeugenden Schicht haben (Newton-Fizeau'sche Streifen). Der Interferenzmessapparat kann aber auch ohne Weiteres für die Beobachtung der in der Brennebene des Fernrohrobjektivs liegenden sog. Haidinger-Mascart-Lummer'schen Interferenzringe, welche genau planparallele Platten zu erkennen geben, benutzt werden. Auf diesen Gegenstand und auf einige diesbezügliche Versuche, zu denen ich das von mir konstruirte *Interferenztischchen* (*diese Zeitschr.* **17.** *S. 240. 1897*) mit Vortheil benutzt habe, sowie auf einige Neueinrichtungen an jenem Apparat werde ich mir erlauben, in einer späteren Mittheilung näher zurückzukommen.

punkt des Beobachtungsrohres gelegenes, geradsichtiges *Amici-Prisma* (A in der Figur) und die Ablenkung um 90° durch ein *Reflexionsprisma* P von 90° bewirkt werden, welch letzteres an Stelle der beiden Prismen P_1 und P_2 des Dilatometers vor dem Fernrohrobjektiv O_1 sich befindet. Der durch Drehen an V verschliessbare Prismenkopf ist zum Drehen um die Rohrachse — festklemmbar mittels k_1 — eingerichtet und kann für den Fall einer Beobachtung geradeaus vom Instrument ohne Weiteres heruntergenommen werden, sodass hierdurch und durch Drehen des Apparates auf dem Beobachtungstisch dem aus dem Objektiv austretenden Strahlenbündel *jede beliebige Richtung* gegeben werden kann.

Für die Beobachtung der Interferenzstreifen im spektralzerlegten Licht hat die Anordnung zur Folge, dass die verschiedenfarbigen Interferenzstreifen nicht wie bei dem Dilatometer einzeln und nacheinander, sondern *gleichzeitig* und *nebeneinander* in die Erscheinung treten. Die spaltförmige Begrenzung des Gesichtsfeldes wird hierbei durch einen in der Bildfeldebene des Beobachtungsrohres angebrachten *Horizontalspalt* bewirkt, welcher durch Drehen an der Scheibe S entweder ganz geöffnet (freies Gesichtsfeld für unzerlegtes Licht) oder auf beliebig enge Spaltbreite eingestellt werden kann. Die beiden Messfäden stehen wie früher vertikal und befinden sich unmittelbar hinter dem Spalt. Da die spektrale Zerlegung des Spaltes in der Richtung der Messfäden erfolgt (Einstellung durch Drehen von A), so sind die Fäden für alle Farben in gleicher Weise verwendbar. *Entfernt man das Amiciprisma A, so ist damit ohne Weiteres der Uebergang vom spektralzerlegten zum unzerlegten Licht gegeben.*

Die oben an dritter Stelle genannte Anforderung habe ich durch Einfügung eines geradsichtigen, sog. *Dove'schen Reflexionsprismas D* erfüllt. Das Prisma ist zwischen dem Beleuchtungsprisma p und dem Fernröhrchen O_2 C eingeschaltet und zum Drehen um die Fernrohrachse eingerichtet. Das Speichenrad r dient als Handhabe beim Drehen. Der Drehungswinkel wird an dem kleinen Theilkreis T abgelesen. *Durch Drehen des Prismas D können die Interferenzstreifen jederzeit vertikal gestellt werden.* Die Anordnung kann ohne Weiteres auch als *Okulargoniometer* benutzt werden[1]), wobei nur zu beachten ist, dass der Drehungswinkel des Bildes doppelt so gross ist, wie der des Prismas.

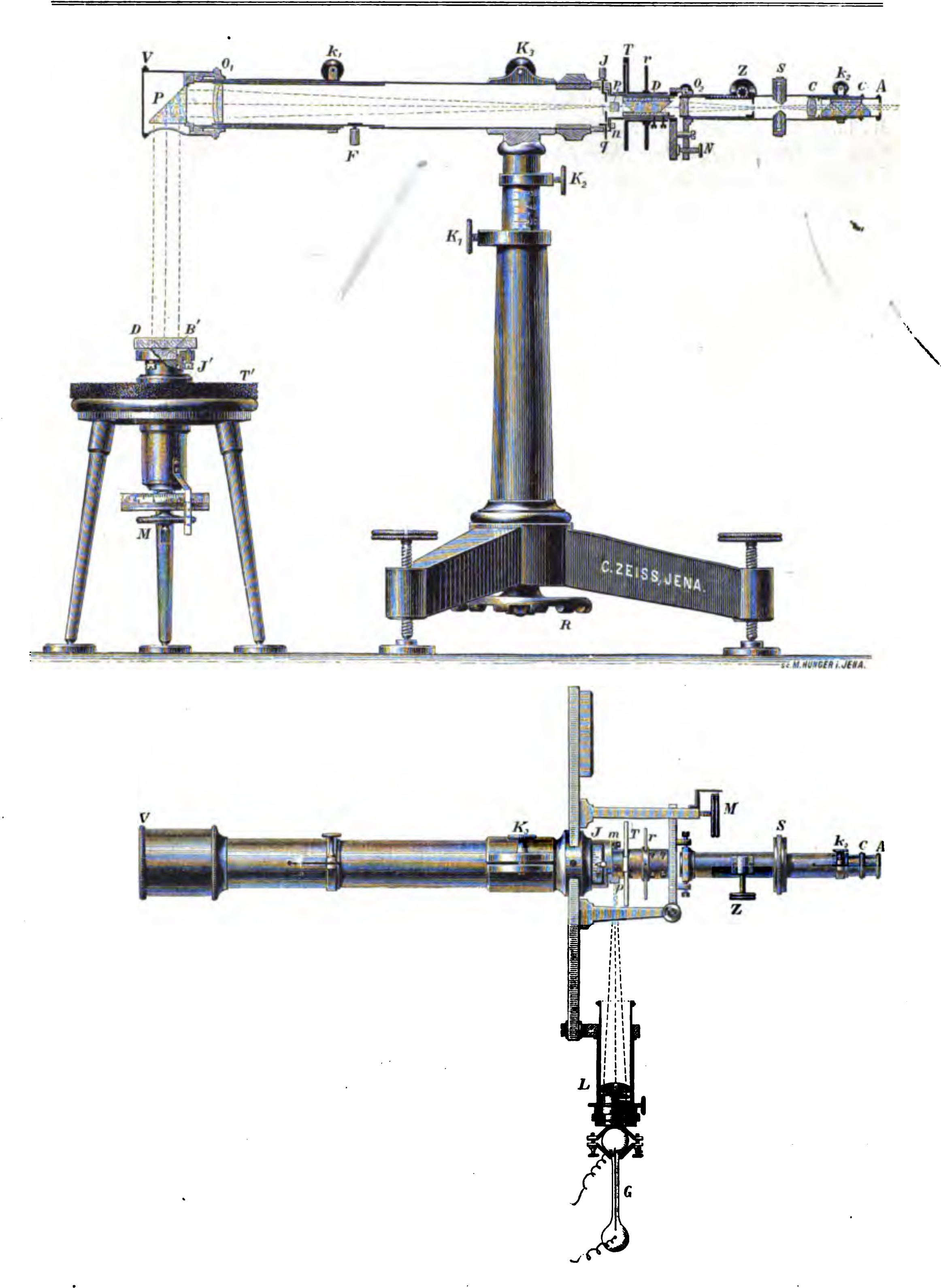
Im Einzelnen sei über die Einrichtung des Apparates und die Art seiner Handhabung (Regulirung des Strahlenganges u. s. w.) Folgendes bemerkt.

1. *Regulirung der Beleuchtung.* Die Kapillare der Geissler'schen Röhre G ist nach Augenmaass in die optische Achse des Linsensystems L zu bringen und der Abstand LG so zu reguliren, dass das durch L erzeugte Bild des Querschnitts der Kapillare auf das Prisma p zu liegen kommt (Auffangen des Bildes mit einem Stückchen Papier). Von der Objektivseite gesehen muss das Querschnittsbild innerhalb der spiegelnden Fläche von p erscheinen und zu dieser keine Parallaxe zu erkennen geben.

Der von p ausgehende Strahlenkegel muss das ganze Objektiv mit Licht ausfüllen. Um dies zu prüfen und um zu erkennen, an welchen Stellen die Beleuchtung des Objektivs etwa noch zu verbessern wäre, bringt der Beobachter sein Auge in die verschiedenen Theile des aus dem Objektiv austretenden Strahlenzylinders, indem er gleichzeitig das Objektiv in der deutlichen Sehweite anschaut.

---

[1]) In dieser Weise hat Hr. Prof. Straubel bei einer von ihm vorgenommenen Untersuchung des Verhältnisses von Querkontraktion und Längendilatation die Vorrichtung zur Messung der Asymptotenwinkel der Cornu'schen Interferenzfigur verwerthet.



Das *Beleuchtungsprisma p* ist in zwei zu einander senkrechten Richtungen *zum Justiren eingerichtet.* Mit Hülfe der Kreuzlochschraube *m* kann das Prisma *p* um eine *vertikale* Achse, mit Hülfe des Hebelchens *q* um die *horizontale* Fernrohrachse inner-

halb kleiner Grenzen gedreht und damit eine vollständige Regulirung der Beleuchtung erzielt werden. Die Schraube *n* dient zur Sicherung gegen eine unbeabsichtigte Verstellung des Hebelchens *q*, wie sie sonst leicht beim Oeffnen und Schliessen der Irisblende *J* eintreten würde.

2. Für die *Beseitigung der falschen Reflexe* dienen die gleichen Einrichtungen wie früher: geringe Schiefstellung des *a. a. O.* näher beschriebenen Objektivs O_1 und Anwendung der schwach keilförmigen Deckglasplatte *D* des Fizeau'schen Tischchens. Ebenso sind die an den beiden Kathetenflächen des Prismas *P* entstehenden Reflexbilder durch geringe Schiefstellung des Prismas *P* zur Rohrachse unschädlich gemacht worden. Damit die Ablenkung des Prismas von genau 90^0 erhalten bleibe, ist die Schiefstellung durch Drehen des Prismas um die Normale zur Austrittsfläche erfolgt.

3. *Objektabstand, Strahlengang und Dove'sches Prisma.* Das zu untersuchende Objekt[1]) soll, wenigstens angenähert, in der hinteren Brennebene des Objektivs O_1 — etwa 27 *cm* von diesem entfernt — sich befinden. Das Objekt erscheint dann, durch den von *p* nicht bedeckten Theil der Iris *J* betrachtet, wie ein Objekt in unendlich weiter Entfernung. Die von einem Punkte des Objektes ausgehenden Strahlen sind daher nach ihrem Durchgange durch O_1 einander parallel, sie passiren die freie Oeffnung der Irisblende wie ein gewöhnliches Diaphragma und erzeugen in der Bildebene *S* des auf unendlich eingestellten Fernröhrchens $O_2 C$ ein reelles Bild des Objektes bezw. der darin auftretenden Interferenzstreifen.

Das Dove'sche Prisma ändert an diesem Strahlengange nichts, auch erleidet die Güte des Objektbildes durch die beiden Aussenflächen des Prismas, da dieses im parallelen Strahlengange sich befindet, keine Einbusse. Die Justirung des Prismas *D* ist so erfolgt, dass das Bild eines entfernten in der Fernrohrachse $O_1 p$ gelegenen Objektpunktes bei der Umdrehung von *D* den Mittelpunkt der Kreisbewegung bildet.

Auf eine strenge Einhaltung des vorgenannten Objektabstandes kommt es nicht an, da die Einrichtung getroffen ist, dass man durch eine achsiale Verschiebung des Fernrohrobjektivs O_2 (mittels Zahn und Trieb, *Z* in der Figur) das Bild des Objektes jedesmal genau in die Ebene des Spaltes *S* einstellen kann. Durch diese Anordnung ist für den Abstand des Objektes von O_1 sogar ein sehr weiter Spielraum gelassen,

---

[1]) In obiger Figur ist als Objekt das in *dieser Zeitschrift* ***17.*** *S. 240. 1897* beschriebene *Interferenztischchen* abgebildet, mit dem Unterschied, dass das Prisma durch die schwach keilförmige Deckglasplatte des Dilatometers ersetzt ist.

Die Versuchsanordnung kann zu folgenden Aufgaben mit Vortheil benutzt werden (siehe auch *S. 261 Anm. 3*):

Beobachtung des *schwarzen Fleckes* im weissen und im spektralzerlegten Licht. Demonstration der bekannten *Fächerfigur*, welche die Theorie für die Form der durch eine sehr dünne und keilförmige Luftschicht erzeugten Interferenzstreifen im spektralzerlegten Licht fordert. Ermittelung der *Wellenlänge*: a) durch Zählen der vorüberziehenden Streifen bei langsam zunehmender Dicke der Luftschicht; b) durch mikrometrische Ausmessung der Lage der Interferenzstreifen zur Marke auf der Deckglasplatte bei gegebener Dicke der Luftschicht (vgl. dieserhalb meinen Aufsatz über das Dilatometer *a. a. O S. 441*). Bestimmung der *Dicke der Luftschicht* und des *Keilwinkels* (vgl. weiter unten *S. 266*). *Sichtbarkeit der Interferenzstreifen* bis zu hohen Gangunterschieden, *Periodenspiel* u. s. w. Modifikation der vorstehenden Versuche durch Einfügung einer *Flüssigkeitsschicht*, deren Brechung von derjenigen der einschliessenden Glasflächen verschieden ist, insbesondere Bestimmung der Wellenlänge in der Flüssigkeit bezw. des Brechungsindex derselben.

Beobachtung des Zeemann'schen Phänomens. Wie mir Hr. Prof. Straubel in Jena mittheilt, haben Interferenzmessapparat und Interferenztischchen ihm bei der Untersuchung der quantitativen Verhältnisse des genannten Effektes gute Dienste geleistet. Hierbei wurde die eine Zirkularkomponente entfernt und die Wellenlängenänderung der anderen durch Ermittelung der Zahl der verschobenen Streifen bei grossen Gangunterschieden gemessen.

doch wird man im Allgemeinen überall da, wo die Versuchsbedingungen es zulassen, den vorgenannten Abstand angenähert wenigstens einzuhalten suchen.

4. *Einstellung des Apparates auf das zu untersuchende Objekt.* Das Objekt muss dem Prisma P, bezw. wenn die Beobachtung geradeaus erfolgt, dem Objektiv O_1 so gegenübergestellt werden, dass *erstens* die für das Zustandekommen der Interferenzerscheinung in Frage kommenden Reflexbilder in die freie halbkreisförmige Oeffnung der Irisblende zu liegen kommen (vgl. meinen Aufsatz über das Dilatometer *a. a. O. S. 377*) und dass *zweitens* die Mitte des Objektbildes bezw. die Marke auf der Deckglasplatte in der Mitte des Spaltes S erscheint und bei der Drehung des Dove'schen Prismas stille steht.

Vor Ausführung der hierauf gerichteten Operationen hat man mit Hülfe der beiden Schrauben M und N das Fernröhrchen $O_2\,C$ der Fernrohrachse $O_1\,p$ angenähert parallel zu stellen. Dieses ist erreicht, wenn der im Fernrohr sichtbare Lichtkreis — das Prisma P sei auf den hellen Himmel gerichtet — die freie Oeffnung von S gleichmässig ausfüllt.

Das *Auffinden der Reflexbilder* innerhalb der Irisblende macht anfänglich einige Schwierigkeit. Doch kommt man durch eine planmässige Benutzung der vorhandenen Justirungseinrichtungen — beispielsweise bei der in der Figur dargestellten Versuchsanordnung durch Verstellen der vorderen Stellschraube des Stativs und durch Drehen des Prismas P um die Fernrohrachse, allgemein durch eine Richtungsänderung des auffallenden Strahlenbüschels in zwei zu einander senkrechten Richtungen — leicht zum Ziel.

Die *Beobachtung der Reflexbilder* erfolgt in einfachster Weise so, dass man das Okular C aus dem Fernröhrchen entfernt und durch das Objektiv O_2, welches alsdann für die Iris als Lupe dient (Einstellung mittels Z), die in der Ebene der Iris liegenden Bilder anschaut. Die Einstellung auf das Zusammenfallen der Ebene der Reflexbilder mit der Ebene der Iris erfolgt durch achsiale Verschiebung des Objektivs O_1 mittels F. Zum Schluss werden durch Feineinstellung mit Hülfe der drei Stellschrauben des Stativs die Reflexbilder an ihre Stelle neben das Prisma p — in die freie halbkreisförmige Oeffnung der Irisblende — gebracht. Damit diese Lage der Reflexbilder unverändert erhalten bleibe, sind Objekt und Apparat, soweit dies angängig ist, auf eine gemeinsame und hinreichend feste Unterlage zu stellen.

Die oben genannte *zweite* Anforderung kann leicht durch eine Parallelverschiebung des ganzen Fernrohres erfüllt werden. Die Verschiebung in der Horizontalebene erfolgt durch einfaches Verrücken des Stativs auf dem Beobachtungstisch, die Höheneinstellung durch Drehen an R. Nach erfolgter Höheneinstellung wird die feste Verbindung des Fernrohres mit dem Stativ durch Anziehen der in der Figur mit K_1 bezeichneten Schraube bewirkt.

Die unmittelbar über K_1 befindliche und in der Figur mit K_2 bezeichnete Klemmschraube dient zum Festklemmen eines mit dem Fernrohrhalter K_3 fest verbundenen Metallzylinders, um den sich der ganze Beobachtungsapparat nach Belieben drehen lässt. Diese Anordnung ist hauptsächlich zu dem Zweck getroffen worden, damit der eigentliche Beobachtungsapparat, als der werthvollere Theil des Instruments, für den Transport und für eine sichere Aufbewahrung schnell vom Stativ heruntergenommen und in dem zugehörigen Etui untergebracht werden kann[1]). Die Drehung des Beobachtungsapparates um die Vertikalachse ist aber auch in den Fällen

[1]) Das Stativ kann für diesen Fall durch einen dem Apparat beigegebenen Teller zu einem Universalstativ vervollständigt werden.

von Vortheil, wo es darauf ankommt, dass gleichzeitig mehrere nebeneinander aufgestellte Versuchsobjekte bezw. ein Objekt von grösserer seitlicher Ausdehnung untersucht werden können.

5. *Die für die Messung dienenden Vorrichtungen* sind die gleichen wie beim Dilatometer. Sie bestehen aus dem vorgenannten vertikalen *Doppelfaden* als Einstellungsmarke, der *Mikrometervorrichtung M,* durch welche das Fernröhrchen $O_2 C$ um eine vertikale Achse so gedreht wird, dass der Doppelfaden um bestimmte an der Trommel ablesbare Beträge über das Bild des zu messenden Objektes sich fortbewegt, und einer am Objekt in geeigneter Weise angebrachten *festen Marke.* Im Einzelnen sei wegen des mikrometrischen Messverfahrens auf meine früheren diesbezüglichen Ausführungen verwiesen.

6. Die *Deckglasplatte* (vgl. oben *S. 264, Anm. 1*) hat speziell für die Verwendung des Interferenzmessapparates eine kleine Abänderung erfahren, welche darin besteht, dass das Silberscheibchen, welches im Beobachtungsrohr ein die Interferenzstreifen störendes helles Spektrum erzeugt, durch eine auf die Glasplatte geätzte und mit Druckerschwärze versehene *Kreislinie* ersetzt worden ist, deren Durchmesser (im Bilde gemessen) etwas grösser ist als der Abstand der beiden Messfäden. Die genannte Störung fällt alsdann fort.

Auf der Deckglasplatte habe ich konzentrisch zu der vorgenannten Kreislinie noch zwei weitere Kreislinien von grösserem Durchmesser anbringen lassen, in der Absicht, damit für gewisse Zwecke einige weitere feste Marken auf der Deckglasplatte zu gewinnen. Für die gewöhnlichen Aufgaben des Dilatometers haben diese Marken keine Bedeutung. Die Verwendung derselben ist gedacht für solche Aufgaben, wo es darauf ankommt, das Verhalten der Interferenzstreifen an *mehreren Stellen* des Objektes zu ermitteln — z. B. bei der Untersuchung von solchen Körpern, welche an verschiedenen Stellen eine verschiedene Ausdehnung haben[1]) — oder für solche Messungen, welche bezwecken, den *Dickenunterschied* der wirksamen Schicht an zwei durch die Marken gegebenen Stellen der Deckplatte durch die mikrometrische Ausmessung *der Zahl der zwischengelegenen Interferenzstreifen* zu ermitteln. Diese Zahl ermöglicht nicht allein eine angenäherte Bestimmung der Wellenlänge des Lichtes bezw. des Brechungsindex der Schicht, sie kann auch dazu dienen, den *Richtungsunterschied* der die Interferenzerscheinung erzeugenden Flächen mit sehr grosser Genauigkeit — bis auf Bruchtheile von einer Sekunde — zu messen[2]).

7. *Schlussbemerkungen.* Der Interferenzmessapparat ist, wie aus Vorstehendem ersichtlich, an keine bestimmte Versuchsanordnung gebunden. Durch die getroffenen Einrichtungen kann derselbe auf ein gegebenes Objekt, an dem die Interferenzerscheinung beobachtet werden soll, ohne Weiteres eingestellt werden. Die einzelnen Aufgaben, zu denen der Apparat mit Vortheil benutzt werden kann, sollen hier nicht weiter berührt werden. Nur darauf möchte ich noch kurz hinweisen, dass der von Hrn. J. O. Reed zu seinen Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur auf die Lichtbrechung von Gläsern u. s. w.[3]) benutzte *Heizkörper*, mit dem es möglich gewesen

---

[1]) Ueber meine diesbezüglichen Untersuchungen an Gläsern vgl. O. Schott, Ueber die Ausdehnung von Gläsern und über Verbundglas. Vortrag, gehalten im Verein zur Beförderung des Gewerbefleisses zu Berlin, 4. April 1892.

[2]) Ueber Aufgaben dieser Art vgl. den Aufsatz von R. Straubel, Ueber die Bestimmung zeitlicher Veränderungen der Lothlinie. *Beiträge zur Geophysik* **3.** *S. 262. 1896.*

[3]) J. O. Reed, Inauguraldissertation. Jena 1897; auszüglich mitgetheilt in *Wied. Ann.* **65.** *S. 1. 1898.*

ist, diese Untersuchungen bis zur Erweichungstemperatur des Glases (400° bis 450° C.) auszudehnen, in Verbindung mit dem Interferenzmessapparat mit dem gleichen Erfolg *auch für dilatometrische Messungen* benutzt werden kann. Ueber diesen Heizapparat sowie über die von Hrn. E. Reimerdes[1]) mit Hülfe des Abbe'schen Dilatometers bis zu Temperaturen von etwa 250° C. ausgeführten *Messungen an Quarz parallel zur Achse* und über das bei diesen Messungen benutzte neue *Quarztischchen*, welches vor dem Fizeau'schen Stahltischchen den Vorzug der grösseren Gleichmässigkeit der Ausdehnung besitzt, soll demnächst in dieser Zeitschrift näher berichtet werden.

Jena, im Juni 1898.

Zur Behandlung des Silbervoltameters und seine Verwendung zur Bestimmung von Normalelementen.

Von
Dr. **K. Kahle** in Charlottenburg.

(Fortsetzung von S. 240.)

IV. Diskussion der Versuchsergebnisse.

Obgleich die Versuche sämmtlich mit gleicher Sorgfalt angestellt sind, so zeigen die Ergebnisse doch erhebliche Unterschiede. Der kleinste Werth des Niederschlages ist 0,97134 *g* (Versuch 21), der grösste 0,97473 *g* (Versuch 68). Wenn der Grund für die Unterschiede auch nicht überall mit Sicherheit angebbar ist, so liefert das umfangreiche Material doch manche Fingerzeige, wie sich gröbere Abweichungen vermeiden lassen und auf welchem Wege man vielleicht später zur Klarstellung einiger noch dunkler Vorgänge gelangen kann.

1. Genauigkeit der Versuche. Für die Diskussion der Ergebnisse ist es zunächst wichtig, zu wissen, welche Genauigkeit sich unter Innehaltung völlig gleicher Verhältnisse erzielen lässt. Hierzu sollen die Zahlen herangezogen werden, die während eines Versuches mit den annähernd gleichen Tiegeln A und B gewonnen wurden. Die benutzte Lösung, die Art des Auswaschens der Niederschläge und die Beschaffenheit der Kathodenfläche (ob Platin oder Silber) spielen hier keine Rolle, vorausgesetzt dass sie bei beiden Tiegeln gleich waren. Für sämmtliche Versuche, die sich hier anführen lassen, sind im Folgenden die Differenzen zwischen den Niederschlägen in $^1/_{100}$ *mg* angegeben.

Nr.	2	3	12	13	14	15	16	17	97	106	115
$A-B$	+11	−3	−5	0	+3	+1	+5	−2	+20	−17	0

Unter völlig gleichen Verhältnissen lässt sich demnach mit dem Voltameter eine Uebereinstimmung auf etwa $^1/_{10\,000}$ erreichen.

Nicht so gut stimmen die Tiegel A und C unter sonst gleichen Verhältnissen.

Nr.	6	7	20	21	22	23	24	25	29
$A-C$	−10	+18	−38	−12	−12	−12	+38	+35	−6

Eine Abweichung im bestimmten Sinne lässt sich jedoch nicht nachweisen.

2. Einfluss des Auswaschens. Von Wichtigkeit sind weiter die Unterschiede, die die Niederschläge nach kalter bezw. warmer Behandlung aufweisen, wenn sie unter völlig gleichen Verhältnissen ausgeschieden sind. Da zwischen den Tiegeln A und C

---

[1]) E. Reimerdes, Inauguraldissertation. Jena 1896.

kein regelmässiger Unterschied besteht, sind auch die Versuche mit herangezogen, bei denen diese beiden gleichzeitig eingeschaltet waren.

Nr.	34	35	36	45	46	47	48	Mittel
kalt—warm	+11	+45	+67	+22	−24	+34	+39	+28

Die Zahlen stimmen wenig überein, einmal findet sogar eine Abweichung im entgegengesetzten Sinne statt. Im Mittel ergiebt sich bei warmer Auswaschung ein um 0,28 *mg* kleinerer Niederschlag als bei kalter. Da sich während der einstündigen Behandlung in heissem Wasser 0,1 bis 0,2 *mg* Silber lösen, so scheint also bei kalter Auswaschung im Mittel etwa der gleiche Betrag Nitrat im Niederschlage eingeschlossen zu bleiben.

3. Niederschläge auf Platin und auf Silber. Eine weitere Frage, die schon häufiger aufgeworfen ist, betrifft etwaige Unterschiede zwischen Niederschlägen, die direkt auf Platin oder auf bereits vorhandenem Silber gebildet sind. Es scheint, als verhielten sich die verschiedenen Lösungen in dieser Beziehung nicht gleich. Versuch 81 ist mit frischer Lösung angestellt; hier war der Niederschlag auf blankem Platin um 0,19 *mg* leichter als auf Silber. Die häufiger elektrolysirte Lösung F_5 lieferte nach Versuch 82 auf Platin 0,33 *mg* weniger als auf Silber. Die saure Lösung L, die, wie bei Versuch 107 bestimmt, 3,9 *mg* HNO_3 auf 1 *g* $AgNO_3$ enthielt, ergab nach Versuch 95 auf Platin 0,16 *mg* weniger als auf Silber, während die Lösung F_5, die seit dem eben erwähnten Versuch 81 häufiger elektrolysirt war und dadurch, wie später (Versuch 98) festgestellt, 1,4 *mg* HNO_3 auf 1 *g* $AgNO_3$ enthielt, nach Versuch 96 auf Platin 0,91 *mg* weniger als auf Silber lieferte.

Besonders auffällig sind die Unterschiede zwischen den auf Silber und auf Platin gebildeten Niederschlägen während der Versuche 66 bis 71, wo eine saure Lösung in dem einen und eine mit Ag_2O versetzte Lösung in dem anderen Tiegel elektrolysirt wurde. Die mit Ag_2O versetzte Lösung liefert bei zunehmender Dicke der Silberschicht im Tiegel wachsende Werthe des Niederschlages und nach Entfernung des Silbers aus dem Tiegel wieder den ursprünglichen niedrigen Werth. Die Niederschläge aus der sauren Lösung zeigen ebenfalls eine Zunahme, die aber weniger regelmässig ist; Versuch 71 kann hier nicht als Kontrole für 66 gelten, da zuvor der Lösung mehr Säure zugesetzt war. Von der Annahme ausgehend, dass sich der Unterschied besonders zu Anfang der Elektrolyse geltend machen würde, wurde die Dauer der Elektrolyse für Versuch 73 nur auf 20 Minuten bemessen. Die gewonnenen Zahlen unterscheiden sich um 0,56 *mg* im früher beobachteten Sinne.

Ferner sind hier die Versuche 91 bis 94 anzuführen, die mit zwei Ag_2O-haltigen Lösungen verschiedener Herkunft angestellt wurden. Die Lösung L scheint danach den früher beobachteten Unterschied nicht mehr zu liefern, bei Lösung F_6 zeigt er sich deutlich und beträgt nach Versuch 91 0,60 *mg* und, wenn man 93 und 94 vergleicht, 1,15 *mg*.

Ein weiterer Anhalt dafür, dass auf Platin weniger als auf Silber ausgeschieden wird, scheint mir auch im Folgenden zu liegen. Die Versuche, die deshalb nicht unter die normalen (s. *S. 274*) gerechnet sind, da bei ihnen Platin die Kathode bildete, die sonst aber den normalen Bedingungen entsprechen (es sind dies die Versuche 26_1, 39_1, 49_1, 57_1, 59 und 81_1), liefern als Mittelwerth 0,97186 *g*, während die normalen 0,97219 *g* ergeben.

Nach allem diesen scheint ein derartiger Unterschied zwischen Platin und Silber thatsächlich zu bestehen. Auf Verluste beim Auswaschen ist er nicht zurückzuführen; vielleicht ist er in der Verschiedenheit der Oberflächen, die beim Platin glatt und

beim Silber rauh ist, begründet. Die Versuche 31 bis 33 und 51, die zur Aufklärung mit einem Silbertiegel *D* angestellt wurden, missglückten, da sich in demselben kein festhaftender Niederschlag erzielen liess, was an der besonderen Beschaffenheit der Oberfläche gelegen haben muss.

4. Häufig elektrolysirte und saure Lösungen. Eine wichtige Thatsache, die mir erst im Laufe der Versuche unzweifelhaft wurde, besteht darin, dass die Lösungen, wenn sie häufiger zur Elektrolyse benutzt sind, für die gleiche Strommenge schwerere Niederschläge liefern als frische Lösungen. Die schwereren Niederschläge sind schon äusserlich durch die Vertikalstreifung zu erkennen, über die auch Versuche von Hrn. Behn[1]) vorliegen, und durch ihre Neigung zur Bildung von groben Krystallen und Nadeln, während bei den aus frischen Lösungen gewonnenen Niederschlägen die Kathodenfläche mit feinen Krystallen gleichmässig bedeckt ist. Wenn auch nicht alle Lösungen den gleichen Grad der Veränderlichkeit zeigen, so ist doch nach den Beobachtungen an dem Bestehen einer solchen nicht zu zweifeln. Rodger und Watson[2]) haben bereits auf diese Veränderlichkeit des Elektrolytes hingewiesen, wovon weiter unten die Rede sein wird.

Betrachtet man zunächst die Versuche 12 bis 30, die in die Zeit vom 21. Februar bis 29. April 1896 fallen, und stellt die Niederschläge aus der stark elektrolysirten Lösung K_1 und aus den verhältnissmässig wenig gebrauchten Lösungen K_2 und K_3 einander gegenüber, so ergiebt sich noch kein Unterschied in dem angegebenen Sinne. Unter Ausschluss der Niederschläge, die auf Platin gebildet sind, liefert die Lösung K_1 nach den Versuchen 14, 15, 20, 23, 27_2, 29 und 30 als Mittelwerth 0,97208 *g*, während er für die Lösungen K_2 und K_3 nach den Versuchen 13, 17, 24 und 25 0,97223 *g* beträgt. Die häufiger gebrauchte Lösung lieferte danach eher etwas weniger; beide Lösungen liefern nahezu den normalen Werth des Niederschlages. Dass die Lösung K_1, trotzdem sie am Ende der Versuchsreihe bereits 11 *g* Silber auf 100 *ccm* Lösung geliefert hatte, noch nicht wesentlich geändert war, beweisen auch die Versuche 18, 19, 27 und 28, wo sie entweder mit K_2 oder mit der frischen Lösung F_1 direkt verglichen wurde. Nur Versuch 26 scheint dagegen zu sprechen, er ist jedoch nicht beweiskräftig, da auf Platin und auf dünnen Silberbezügen gerade mit frischen Lösungen auch sonst sehr kleine Werthe gefunden sind (Versuch 57, 58 und 79).

Ein anderes Verhalten zeigt die Lösung K_1 bereits in der Versuchsreihe 34 bis 44, die in die Zeit vom 25. Juni bis 4. Juli 1896 fällt. Die auf Platin gebildeten Niederschläge sind wieder von der Betrachtung ausgeschlossen. Für die Lösung K_1, aus der am Ende der Versuchsreihe 13 *g* Silber auf 100 *ccm* ausgeschieden war, ergiebt sich nach den Versuchen 35_2, 38_2, 40_2, 41_1, 42_1, 43_1 und 44_1 als Mittelwerth des Niederschlages 0,97271 *g*, während die gleichzeitig benutzte, weniger häufig elektrolysirte Lösung F_2 nach den Versuchen 40_1, 41_2, 42_2, 43_2 und 44_2 als Mittelwerth 0,97209 *g*, also nahezu den Normalwerth liefert. Die Niederschläge aus K_1 zeigten häufiger die vertikale Streifung und stimmten ihrem Gewichte nach wenig untereinander überein.

Noch stärker verändert zeigt sich die Lösung K_1 in der Versuchsreihe 45 bis 51 vom 16. bis 24. September 1896, an deren Ende sie 14 *g* Silber auf 100 *ccm* geliefert hat. Der Niederschlag ist stark streifig, enthält einzelne stark hervortretende Nadeln und beträgt nach den Versuchen 46_1, 47_1 und 48_1, im Mittel 0,97298 *g*, also fast $^1/_{1000}$ mehr als aus frischer Lösung.

---

[1]) Behn, *Wied. Ann.* **51.** *S. 105. 1894.*

[2]) Rodger und Watson, *Phil. Trans.* **186.** *II. S. 631. 1895.*

Die aus Frankfurter Krystallen hergestellten Lösungen zeigten eine stärkere Veränderlichkeit. F_1 liefert in Versuch 38, nachdem erst 6,5 *g* Silber auf 100 *ccm* aus ihr ausgeschieden waren, bereits einen stark streifigen Niederschlag von 0,97302 *g*, bei dem zum ersten Male am Boden des Tiegels ein violetter Fleck beobachtet wurde, von dem später noch mehr die Rede sein wird. Aehnlich verhalten sich die Lösungen F_3 während der Versuche 57 bis 60, 62 und 63 und F_5 während der Versuche 74 bis 78. Letztere ist bei Versuch 79 und 80 direkt mit dem bis dahin ungebrauchten Theile desselben und in Versuch 83 mit einer frischen Lösung von Schering verglichen. Danach liefert sie, nachdem etwa 5 *g* Silber auf 100 *ccm* aus ihr ausgeschieden waren, bereits nahezu $^1/_{1000}$ mehr als die frischen Lösungen. Die Lösungen F_4 und F_6 kommen hier nicht in Betracht, da ihnen HNO_3 bezw. Ag_2O zugesetzt ist.

Die Lösungen von Schering erschienen weniger veränderlich, wie die Versuche 99 und 100 zeigen.

Es dürfte somit trotz einiger Ausnahmen als erwiesen gelten, dass die Lösungen bei häufiger Elektrolysirung immer grössere Niederschläge für die gleiche Strommenge liefern, die sich schon äusserlich durch die Streifung zu erkennen geben. Der Unterschied zwischen frischen und gebrauchten Lösungen erreicht $^1/_{1000}$ des Betrages und zwar bei einigen Lösungen schneller als bei anderen.

Auch Rodger und Watson haben, wie bereits oben erwähnt, Unterschiede bis $^1/_{1000}$ in der Menge des Silberniederschlages aus frischen und häufiger gebrauchten Nitratlösungen gefunden. Sie benutzten allerdings zur Elektrolyse Ströme von 5 *A.* bei 250 *qcm* Kathoden- und bei 22 *qcm* Anodenfläche. Sie vermuthen, dass sich während der Elektrolyse basische Verbindungen bilden, und führen dabei an, dass auch von mir[1]) grössere Niederschläge aus Lösungen, die mit Ag_2O gesättigt waren, als aus neutralen erhalten sind.

Durch diese Anschauung beeinflusst, beschloss ich, die häufig elektrolysirte Lösung K_1 von Kahlbaum mit Ag_2O zu behandeln, um dann eine weitere Vergrösserung der Niederschläge zu erzielen. Die Lösung wurde in zwei Theile getheilt; der eine blieb unverändert, der andere wurde mit Ag_2O digerirt, das mit Hülfe von NaOH gefällt und gut ausgewaschen war. Die Ag_2O-haltige Lösung wurde hier, wie auch bei allen späteren Versuchen, vor der Einfüllung in die Tiegel sorgfältig filtrirt und nach Gebrauch wieder zu der übrigen mit Ag_2O versetzten Lösung geschüttet.

Diese beiden Lösungen wurden in Hintereinanderschaltung elektrolysirt. Das Ergebniss entsprach nicht den Erwartungen. Nach den Versuchen 52 bis 54 ist der Niederschlag aus den mit Ag_2O digerirten Theilen im Mittel um $^6/_{10\,000}$ leichter als der aus dem unveränderten Theile der Lösung K_1 und zeigt nicht mehr die Streifung des letzteren, sondern setzt sich gleichmässig ab. Die Versuche 55 und 56 zeigen, dass diese Veränderung nicht auf die beim Digeriren der Lösung angewandte Wärme zurückzuführen ist. Die Vergleiche der beiden Lösungen mit der frischen Lösung F_3 in den Versuchen 57 und 58[2]) ergaben in jedem Fall einen beträchtlichen Unterschied gegen F_3. Die Niederschläge aus beiden Theilen von K_1 haben ziemlich schwankende Werthe, die von der bereits im Tiegel befindlichen Silbermenge abzuhängen scheinen. Nach dem ersten Versuche dieser Reihe wurde der unveränderte Theil der Lösung K_1 mit Lackmuspapier auf Neutralität geprüft und erwies sich als deutlich sauer. Eine

---

[1]) Kahle, *Rep. Brit. Assoc. 1892. S. 148.*

[2]) In der Tabelle ist auf *S. 237* unter „Lösung" in der Spalte „Bezeichnung" bei Versuch 57_2 statt des Wiederholungszeichens K_1 und in der Spalte „Grad der Elektrolysirung" bei 57_2 und 58_2 statt des Wiederholungszeichens ein Strich zu setzen.

spätere Titrirung dieser Lösung mit NaOH (siehe Versuch 98) ergab 2,5 *mg* HNO_3 auf 1 *g* $AgNO_3$. Diese Säure muss in der ursprünglich neutralen Lösung während der Elektrolyse entstanden sein, indem ein Theil der NO_3-Ionen unter Mitwirkung des Wassers HNO_3 gebildet hat, entweder dadurch, dass direkt ein Theil der Anode oxydirt wird, oder dadurch, dass aus dem Nitrat der Lösung Ag_2O_2 gebildet wird, das sich an der Anode abscheidet. Auf diese Weise entstehen an der Anode die stets bei der Elektrolyse des Silbers beobachteten grauen oder schwarzen Bezüge, die Oxydationsprodukte des Silbers enthalten und deren Bildung ohne gleichzeitige Entwicklung freier Säure unmöglich ist.

Trotzdem der Elektrolyt also freie Säure enthält, liefert er dennoch mehr Silber als im neutralen Zustande. Es fragt sich, ob auch Lösungen, denen absichtlich freie Säure zugesetzt ist, dieses merkwürdige Verhalten zeigen. Zur Aufklärung dieser Frage wurden die 200 *ccm* der Lösung F_3, aus der bisher 2 *g* Silber ausgeschieden waren, in zwei gleiche Theile getheilt, die in Hintereinanderschaltung mehrere Male (Versuch 59, 60, 62, 63) elektrolysirt wurden; dem einen Theil F_3' wurde dabei von Mal zu Mal mehr Säure zugesetzt. Die anfangs normalen Beträge der Niederschläge nehmen im Laufe der Versuche zu, und zwar die aus der sauren Lösung schneller als aus der neutralen. Nach Zusatz von 1 *mg* HNO_3 zu F_3' bildete sich aus ihr ein Niederschlag von braunvioletter Färbung, die zum ersten Male bei Versuch 38 allerdings nur an einer Stelle des Bodens beobachtet war. Auch in diesem Falle macht sich die Färbung besonders am Boden bemerkbar. Bei den späteren Versuchen wurde meistens in der Mitte der vertikalen Tiegelwandung ein deutlich ausgeprägter, horizontal um den ganzen Tiegel laufender braun-violetter Ring beobachtet, der nach dem ebenfalls gefärbten Boden des Tiegels zu verschwimmt und nach oben schärfer abgegrenzt ist. Die Färbung bleibt auch nach dem Entleeren der Tiegel bestehen, geht aber, wenn man die Tiegel unter Wasser erhitzt, bei etwa 30^0 zunächst in Gelb über und verschwindet bei etwa 40^0 gänzlich. Nach dem Auswaschen und Trocknen unterscheiden sich die früher gefärbten Niederschläge nicht von den normalen; nur am Boden der Tiegel blieben häufiger trübe Flecke ohne metallischen Glanz zurück. Auch die Anoden nehmen in den sauren Lösungen während der Elektrolyse ein anderes Aussehen als die in neutralen Lösungen an; in ersteren färben sie sich rostbraun, in letzteren bekanntlich grau. Der braune Bezug haftet weniger fest als der graue.

Die Lösung F_3' verlor die eben geschilderten Eigenschaften auf Zusatz von Ag_2O, während die Lösung F_3 auf Zusatz von Säure sofort in den früheren Zustand von F_3 überging. Dies beweist Versuch 64, wo F'_3 einen ungefärbten Niederschlag von nahezu normalem Werthe, F_3 dagegen einen gefärbten, um 2,11 *mg* schwereren Niederschlag lieferte.

Diese Beobachtung wurde durch die Versuche 65 bis 72 an der Lösung L bestätigt, die durch Zusammengiessen von F_1, F_2 und F'_3 entstanden und mit Ag_2O versetzt ist. Ein Theil derselben ist hernach angesäuert und liefert farbige, abnorm schwere Niederschläge, nachdem 2 *mg* HNO_3 auf 1 *g* $AgNO_3$ zugesetzt waren, während aus der Ag_2O-haltigen Lösung ungefärbte, gleichmässige Niederschläge entstehen, die mit zunehmender Dicke des Niederschlages schwerer werden. Die farbigen Niederschläge wurden später auch bei Lösung L in Versuch 95 und bei Lösung F_3 in Versuch 102_2 und 103_1 beobachtet.

Nicht im Einklang hiermit stehen die Ergebnisse der Versuche 74 bis 83. Zur Bestätigung der früheren Erfahrungen sollten hier zwei Lösungen gleicher Herkunft

F_4 und F_5 (einer späteren Sendung krystallisirten Nitrats aus Frankfurt entstammend), von denen die erstere angesäuert, die letztere im ursprünglichen Zustande war, mit einander verglichen werden. Wider Erwarten änderte sich jedoch die ursprüngliche, neutrale Lösung bei wiederholter Elektrolysirung schneller als die angesäuerte, mit der sich auch nicht die früher beobachtete Färbung des Niederschlages erzielen liess. Dass sich aus der Lösung F_5 in Folge der wiederholten Elektrolyse erheblich mehr Silber ausschied, wurde auch durch Vergleich mit dem noch nicht elektrolysirten Theile von F_5, sowie mit einer frischen Lösung aus Schering'schen Krystallen in den Versuchen 79 bis 83 festgestellt.

Eine zuverlässige Erklärung dieser verwickelten Vorgänge zu geben, ist mir nicht möglich. Die Annahme von Rodger und Watson, dass die Zunahme des Niederschlages aus häufiger gebrauchten Lösungen auf die Bildung von Ag_2O in den Lösungen zurückzuführen sei, scheint mir jedoch wenig begründet, da die Lösungen bei häufiger Elektrolyse sauer werden und da ein gleichzeitiges Vorhandensein von Ag_2O und freier Säure nicht denkbar ist. Diese Säurebildung dürfte (*S. 271*) auf die unvollständige Auflösung der Anode zurückzuführen sein. Vielleicht gehen die hier gebildeten Verbindungen, die nach neueren Untersuchungen[1]) nicht einfach aus Ag_2O_2 bestehen, sondern wesentlich verwickeltere Zusammensetzung besitzen sollen, theilweise in Lösung und werden dann auch elektrolysirt unter Abscheidung von Sauerstoffverbindungen des Silbers. Eine andere Möglichkeit wäre, dass sich, ähnlich wie Foerster und Seidel[2]) bei der Elektrolyse des Kupfersulfats beobachteten, auch bei der Elektrolyse des Silbernitrats Verbindungen mit Silberionen von geringerer Werthigkeit als die normalen bildeten.

5. Farbige Niederschläge. Weiter bleibt vorläufig die Frage offen, ob die farbigen Niederschläge dieselbe Entstehungsursache haben, wie die ungefärbten Niederschläge von zu hohem Gewicht, und sich nur bei Verstärkung des für die letzteren erforderlichen Zustandes der Lösung bilden, oder ob hier eine ganz neue Erscheinung vorliegt. Dass die Bildung der farbigen Niederschläge mit den Vorgängen an der Anode zusammenhängt, dafür scheint mir Folgendes zu sprechen. Sie bilden sich nur in der unteren Hälfte des Tiegels, wohin die an der Anode in Lösung gegangenen Nebenprodukte durch die von der Anode abfliessende konzentrirte Lösung hauptsächlich geführt werden. Ferner treten sie nicht auf, wenn man die abnorme Lösung in einem Hebervoltameter elektrolysirt, in dem die an der Anode gelösten Stoffe nicht zur Kathode gelangen können.

Dies beweist folgender am 21. Nov. 1896 angestellter Versuch. Tiegel *A* war mit einem kleinen Becherglase, das die Anode enthielt, durch einen 3 *cm* langen und 1 *cm* weiten Heber verbunden, der ebenso wie die beiden Gefässe mit der Lösung gefüllt war. In Hintereinanderschaltung hiermit befand sich Tiegel *B* in üblicher Anordnung. Beide Voltameter waren mit der Lösung L beschickt, die 20 *mg* HNO_3 auf 1 *g* $AgNO_3$ enthielt, und wurden 40 Minuten lang von einem Strom von 0,3 bis 0,4 *A.* durchflossen. An der Kathode des Hebervoltameters wurde dabei 0,87306 *g* ungefärbtes Silber, im gewöhnlichen Voltameter 0,87350 *g* gefärbtes Silber abgeschieden. Die Zahlen sind mit den übrigen nicht vergleichbar, da bei diesem Versuche das Clark-Element nicht kompensirt wurde.

---

[1]) Sie bestehen vermuthlich nach Šulc, *Zeitschr. f. anorg. Chem.* **12.** *S. 89. 1896* aus $3\,Ag_2O$, $AgNO_3$, nach Mulder und Heringa, *Journ. Chem. Soc. Abstr.* **70.** *II. S. 561. 1896* aus $2\,Ag_3O_4$, $AgNO_3$ oder $3\,Ag_2O_2$, $AgNO_5$.

[2]) Foerster und Seidel, *Zeitschr. f. anorg. Chem.* **14.** *S. 106. 1897.*

Es mag hier noch Erwähnung finden, dass die Lösungen die Eigenschaft, farbige Niederschläge zu bilden, bei längerem Digeriren mit fein zertheiltem Silber verlieren. Die Lösung L, die am 8. Februar 1897 (Versuch 95) noch den farbigen Niederschlag lieferte, war am 22. Februar 1897 20 Stunden bei etwa 90° mit Silberspähnen digerirt, wodurch sich ihr Säuregehalt nicht wesentlich änderte. Nach Versuch 107_2 und 108_1 besitzt der aus ihr nach dieser Behandlung abgeschiedene Niederschlag allerdings noch den hohen Werth, aber nicht mehr die früher beobachtete violette Färbung.

6. Silberoxydhaltige Lösungen. Schliesslich mögen noch einige Worte über die Ag_2O-haltigen Lösungen folgen. Wenn es auch möglich war, durch Digeriren der abnormen Lösungen mit Ag_2O die Entstehung der farbigen Niederschläge zu verhindern, so lieferten die Ag_2O-haltigen Lösungen doch nicht immer die normalen Niederschlagswerthe, sondern zeigten vielmehr, trotz Aufwendung grösster Sorgfalt bei den Versuchen, ein unregelmässiges Verhalten. Die Veränderlichkeit dieser Lösungen mit dem Grade der Elektrolysirung konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Die Menge des aus ihnen abgeschiedenen Silbers scheint jedoch stärker als bei den übrigen Lösungen von der Menge des bereits in den Tiegeln enthaltenen Silbers abhängig zu sein. Ausser dem hierfür bereits auf *S. 118* mitgetheilten Material kann hierfür noch Versuch 101_2 und 102_1 angeführt werden. Unter Ausscheidung derjenigen Versuche, bei denen der Niederschlag auf blankem Platin gebildet war, ergiebt sich aus den Versuchen 54_2, 58_2, 64_1, 65_2, 67_1, 68_1, 69_1, 70_1, 72_1, 84_1, 85_2, 86_2, 87_2, 88_2, 89_1, 90_1, 90_2, 91_2, 92_2, 93_2, 94_2, 100_2, 101_1, 101_2 und 102_1 als Mittelwerth des Niederschlages aus Ag_2O-haltigen Lösungen 0,97257 *g* gegenüber 0,97219 *g* als Mittelwerth aus normalen Lösungen. In guter Uebereinstimmung hiermit habe ich bei früher angestellten Versuchen (siehe *S. 119*) aus Ag_2O-haltigen Lösungen im Mittel einen um $^5/_{10000}$ schwereren Niederschlag als aus normalen Lösungen gefunden.

Die im Vorigen behandelten Fragen über die Fehlerquellen des Silbervoltameters sind selbst durch das umfangreiche Beobachtungsmaterial grösstentheils nicht endgültig so weit beantwortet, dass nun eine abgeschlossene Vorschrift für den Gebrauch des Silbervoltameters gegeben werden könnte. Als Grundlage für die Systematik weiterer Messungen in diesem Sinne werden sie jedoch von Werth sein.

V. Clark-Elemente.

Es fragt sich jetzt, welcher Werth der E. M. K. des Clark-Elementes kann nach den angestellten Versuchen als der zuverlässigste gelten. Zur Bestimmung dieses Werthes sind diejenigen Versuche heranzuziehen, bei denen die oben besprochenen Fehlerquellen möglichst vermieden waren. Es sind daher nur diejenigen Versuche berücksichtigt, bei denen die folgenden Bedingungen erfüllt gewesen sind:

Der Niederschlag war auf einem bereits im Tiegel vorhandenen Niederschlag gebildet, letzterer überstieg jedoch nicht 4 *g*.

Die Niederschläge waren erst wiederholt kalt ausgespült und standen dann 1 Stunde lang in heissem Wasser von etwa 80°.

Die zur Elektrolyse benutzte 20-prozentige Lösung hatte nicht mehr als 2 *g* Silber auf 100 *ccm* geliefert. Die Grenze ist hier sehr niedrig gesetzt wegen der starken Veränderlichkeit der aus Frankfurter Krystallen hergestellten Lösungen.

Diesen Bedingungen entsprechen die 26 in der folgenden Tabelle zusammengestellten Versuche.

Normale Versuche.

Versuch Nr.	Silberniederschlag für 40 Min. in *g*	Δ $^1/_{100}$ *mg*	Versuch Nr.	Silberniederschlag für 40 Min. in *g*	Δ $^1/_{100}$ *mg*	Versuch Nr.	Silberniederschlag für 40 Min. in *g*	Δ $^1/_{100}$ *mg*
24_1	0,97263	+ 44	58_1	0,97187	− 32	83_1	0,97207	− 12
24_2	215	− 4	59_2	202	− 17	84_2	210	− 9
25_1	252	+ 33	60_2	249	+ 30	85_1	234	+ 15
25_2	217	− 2	74_2	202	− 17	108_2	243	+ 24
27_1	190	− 29	75_2	246	+ 27	109_1	240	+ 21
40_1	235	+ 16	76_2	280	+ 61	110_1	229	+ 10
41_2	216	− 3	79_2	165	− 54	114_2	190	− 29
42_2	200	− 19	81_2	210	− 9	115_1	201	− 18
43_2	207	− 12				115_2	201	− 18

Hieraus ergiebt sich für die normalen Niederschläge der Mittelwerth 0,97219 *g*, der oben schon häufiger zum Vergleiche mit anderen Niederschlägen angezogen ist. Der mittlere Fehler einer Bestimmung ist ± 0,27 *mg*, der des Mittelwerthes ± 0,05 *mg*.

An diesem Werthe ist zur Berechnung der E.M.K. des Clark-Elementes wegen der Wägung in Luft (s. *S. 231*) eine Korrektion von — 0,03 *mg* und wegen der Löslichkeit des Silbers in heissem Wasser (s. *S. 233*) eine solche von + 0,14 *mg* anzubringen. Als Silberniederschlag für 40 *Minuten* ist unter den oben beschriebenen Versuchsbedingungen also

$$p = 0{,}9723\ g$$

in Rechnung zu setzen. Der Widerstand, an dessen Enden das Clark-Element kompensirt wurde, beträgt nach Vergleichungen mit den Normalen der Reichsanstalt[1])

$$w = 4{,}000\,02\ \textit{int. Ohm}\ \text{bei}\ 18^0.$$

Unter Einführung des gesetzlich festgelegten Silberäquivalents von 1,118 *mg/sek.* ergiebt sich für die E.M.K. des Clark-Elementes bei 0°

$$e_0 = \frac{972{,}3 \times 4{,}000\,02}{1{,}118 \times 60 \times 40}$$

$$= 1{,}4494_5\ \textit{int. Volt}$$

und

$$e_{15} = 1{,}4330_5\ \textit{int. Volt.}$$

unter Einführung der in der Reichsanstalt[2]) bestimmten Differenz von 0,0164 *int. Volt* zwischen der E.M.K. bei 0° und bei 15°.

VI. Cadmium-Elemente.

Im Anschluss hieran möchte ich noch das Ergebniss einer silbervoltametrischen Bestimmung des Cadmium-Elementes bei 20° mittheilen, die die Herren Jaeger und Diesselhorst im Januar d. J. in der Reichsanstalt ausgeführt und mir freundlichst zur Verfügung gestellt haben. Die Versuche sind nach demselben Verfahren und unter Innehaltung wesentlich gleicher Bedingungen, wie die hier als normal bezeichneten, durchgeführt. Als Kompensationswiderstand wurde dieselbe 4 *Ohm*-Büchse benutzt. Das eine der beiden hintereinander geschalteten Voltameter bildete Tiegel *A*. Das zweite *C'* war eine flache Platinschale von etwa 70 *qcm* Kathodenfläche. Damit das Silber besser haftete, waren beide Tiegel leicht angeätzt. Der Elektrolyt war eine 20-prozentige Lösung von Kahlbaum'schen Nitratkrystallen. Die Tiegel enthielten

[1]) Jaeger und Kahle, *Wied. Ann.* **64.** *S. 456. 1898.*

[2]) Jaeger und Kahle, *diese Zeitschr.* **18.** *S. 161. 1898.*

stets 75 *ccm* derselben. Die Anoden waren stabförmig und hatten annähernd dieselben Abmessungen wie die von mir benutzten. Der Strom besass eine Stärke von etwa 0,25 *A*. und wurde eine Stunde geschlossen gehalten, sodass jedes Mal etwa 1,025 *g* Silber niedergeschlagen wurde. Nachdem die Niederschläge kalt abgewaschen waren, wurden sie etwa 1/2 Stunde in Wasser von etwa 70° belassen. Die wegen der Löslichkeit des Silbers anzubringende Korrektion wurde unter diesen Umständen zu 0,03 *mg* bestimmt. Die Versuche lassen sich paarweise zusammenfassen. Beim ersten (Reihe 1 der Tabelle) wurde ein Niederschlag aus einmal benutzter Lösung auf blankem Platin gebildet, beim zweiten (Reihe 2 der Tabelle) wurde auf diesem Niederschlag ein zweiter aus frischer Lösung erzeugt.

In der folgenden Tabelle sind die Versuchsergebnisse zusammengestellt. Die angegebenen Zahlen sind auf einen Mittelwerth der E.M.K. reduzirt, der durch Vergleichung einer grossen Zahl von Elementen gefunden wurde.

Voltametrische Bestimmung des Cadmium-Elementes von Jaeger und Diesselhorst.

Versuch Nr.	Tiegel	E. M. K. des Cadmium-Elementes bei 20°	
		Reihe 1	Reihe 2
1	*A*	1,01863	1,01850
	C'	60	64
2	*A*	45	47
	C'	35	31
3	*A*	34	54
	C'	40	56
4	*A*	35	53
	C'	45	66
Mittel	*A*	1,01844	1,01851
	C'	1,01845	1,01854

Als Gesammtmittel ergiebt sich aus diesen Versuchen demnach für die E.M.K. des Cadmiumelementes bei 20°

$$e = 1{,}0184_9 \ \textit{int. Volt.}$$

Die Zahlen zeigen wohl deshalb eine bessere Uebereinstimmung unter einander als die vorigen (die grösste Abweichung vom Mittel bleibt unter 2/10 000), weil die Versuche von vornherein unter gleichen Bedingungen ausgeführt wurden, während ich erst im Laufe der Versuche bestimmte Regeln für dieselben ermittelte. Es zeigt sich auch hier, dass die auf Platin gebildeten Niederschläge (im Mittel um etwa 1/10 000) kleiner als die auf Silber ausfallen.

VII. Schlussergebniss.

Durch direkte oft wiederholte Vergleichung der Clark- und Cadmium-Elemente[1]) untereinander hat sich als Verhältniss der beiden Elemente ergeben

$$\frac{\textbf{Clark } 15^\circ}{\textbf{Cadm. } 20^\circ} = \mathbf{1{,}406\,63}\,.$$

Die beiden unabhängig von einander ermittelten absoluten Zahlen liefern

$$\frac{\text{Clark } 15^\circ}{\text{Cadm. } 20^\circ} = 1{,}407\,03\,.$$

[1]) Jaeger und Kahle, *diese Zeitschr.* ***18.*** *S. 161. 1898.*

Vertheilt man die geringe Differenz unter der Annahme, dass das direkt ermittelte Verhältniss den richtigen Werth darstellt, auf die beiden absoluten Zahlen, so ergiebt sich

Clark 15° = $1,4828_5$ *int. Volt.*
Cadm. 20° = $1,0186_3$ „ „

Der diesen Zahlen anhaftende Fehler wird kaum $^2/_{10000}$ betragen.

Ferner erhält man demnach

Clark 0° = $1,4492_5$ *int. Volt.*

Die seiner Zeit von mir vorgenommene absolute Bestimmung dieses Werthes mit Hülfe des Helmholtz'schen Elektrodynamometers (vgl. die Einleitung) ergab

Clark 0° = 1,4488 *Volt.*

Da bei dieser Bestimmung dieselben Elemente und derselbe Kompensationswiderstand benutzt wurden, so lässt sich jetzt aus den hier beschriebenen silbervoltametrischen Messungen das Silberäquivalent für die von mir mit dem Helmholtz'schen Elektrodynamometer bestimmte Stromeinheit ableiten.

Es ergiebt sich

$$E = 1{,}1183\ mg/sek.,$$

in guter Uebereinstimmung mit den früher gefundenen Werthen.

Neue Konstruktion des Uhrwerk-Heliostaten nach A. M. Mayer[1]).

Von
C. Leiss.
(Mittheilung aus der R. Fuess'schen Werkstätte in Steglitz bei Berlin.)

Der hauptsächlichste Unterschied dieses Heliostaten von denen der gebräuchlichen Konstruktion besteht darin, dass bei ihm der eigentliche durch das Uhrwerk bewegte Spiegel durch eine ein paralleles Lichtbüschel erzeugende Linsenkombination ersetzt ist. Die Vorzüge dieses Heliostaten gegenüber einem solchen mit Spiegel sind nicht gering anzuschlagen. Während ein gewöhnlicher Heliostat — selbst wenn er mit einem relativ grossen Spiegel versehen ist — in unseren Breiten ein nur relativ kleines paralleles Lichtbündel zu reflektiren vermag, sendet dieser neue Heliostat, da die Lichtstrahlen stets senkrecht in seine Sammellinse einfallen, in allen Breiten die gleiche Lichtmenge aus. Zudem wird die Intensität des aus der Linsenkombination austretenden Lichtbündels durch die Konzentration der grossen Sammellinse ganz beträchtlich erhöht.

Die Anwendung dieses Instrumentes wird sich deshalb in den höheren Breiten und insbesondere dann empfehlen, wenn es auf eine möglichst intensive Beleuchtung (Mikrophotographie, Spektrophotographie, Projektion u. s. w.) ankommt.

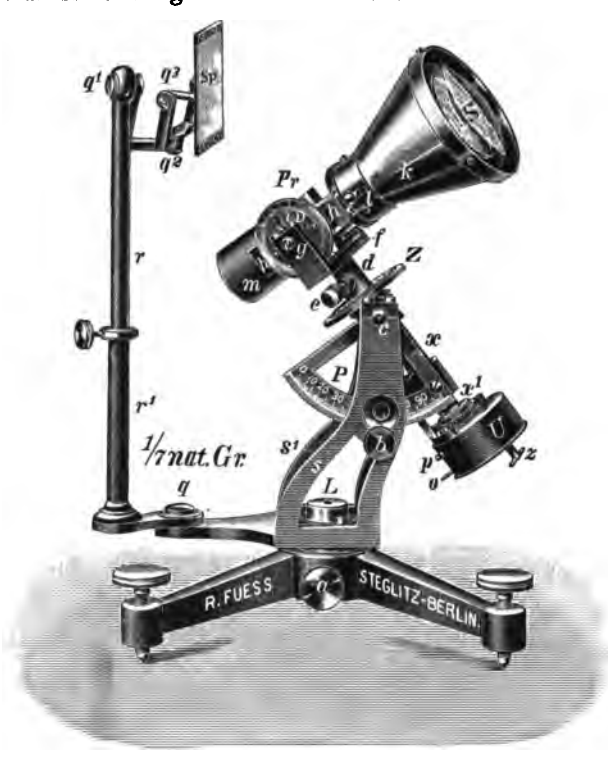
Die mechanische Anordnung dieses in beistehender Figur abgebildeten Heliostaten entspricht im Wesentlichen ganz derjenigen eines parallaktisch montirten Fernrohres, nur erfordert die Konstruktion des letzteren seltener oder gar nie dessen Benutzung auf dem ganzen Erdball, wie es die Einrichtung dieses Heliostaten gestattet.

In das Kernstück eines kräftigen, mit drei Nivellirschrauben versehenen Dreifusses passt ein konischer Zapfen (die Azimuthachse), um welchen das eigentliche

[1]) Vgl. A. Goldsborough Mayer, *Amer. Journ. of Science (4)* **4.** *S. 306. 1897;* Referat in *dieser Zeitschr.* **18.** *S. 56. 1898.*

von den beiden Ständern *s* und s^1 getragene Instrument gedreht werden kann. Die Fixirung dieser Drehbewegung geschieht mit der Schraube *a*. Zwischen den beiden Ständern *s* und s^1 befindet sich die mit Korrektionsschrauben versehene Dosenlibelle *L*.

Am oberen Ende von *s* und s^1 ist die horizontale Achse *c* gelagert, um welche sich gemeinsam der die Polhöhe des jeweiligen Ortes anzeigende, in Grade getheilte Quadrant *P*, sowie die mit dem 90°-Strich von *P* koïnzidirende Stundenachse *x* drehen lässt. Der Ableseindex für die Theilung auf *P* ist auf die abgeschrägte Fläche der runden Oeffnung in *s* aufgetragen. Zur Arretirung der Achse *c* dient die Schraube *b*.



Die Verbindung des am unteren Ende der Buchse von *x* befestigten Uhrwerks *U* mit der Stundenachse geschieht mit Hülfe des mit letzterer verbundenen Zahnrades x^1, welches in einen aus dem Uhrgehäuse hervorragenden Trieb eingreift. Zur Vermeidung etwaigen todten Ganges im Zahngriff besteht x^1 aus zwei durch Federung gegeneinander wirkenden gleich grossen Zahnrädern. Das unterste spitz auslaufende und gehärtete Ende von *x* setzt sich auf ein gleichfalls hartes und ebenes, in das Uhrgehäuse eingesetztes Stahlstück auf. Dadurch wird verhindert, dass die schwach konische Stundenachse durch das auf ihr lastende Gewicht zu fest in ihre Buchse eingedrückt und somit der leichte und sichere Gang des Heliostaten beeinträchtigt wird. Damit auch in der mehr der Horizontalen genäherten Lage der Stundenachse (Aequator oder dessen Nähe) das auf letzterer ruhende Gewicht nach Möglichkeit entlastet wird, ist eine an der Unterseite der Buchse von *x* befestigte, kräftig federnde Friktionsrolle vorgesehen.

Die Arretirung der Uhr nach dem Gebrauch des Heliostaten wird durch Ausrücken des Hebels *o* bewirkt. Zur Regulirung des Gehwerkes dient ein aus dem Mantel des Gehäuses vorstehender Knopf *p*, dessen Wirkungsweise durch die Buchstaben *A* und *R* erläutert ist.

Auf das obere, aus dem Zifferblatt *Z* ragende konische Ende der Stundenachse *x* ist die drehbare Hülse *d* aufgesteckt, welche mittels der Schraube *e* mit *x* verbunden werden kann. Ein an *d* befestigter Zeiger bestreicht das von vier zu vier Zeitminuten getheilte, mit der Buchse der Stundenachse *x* fest verbundene Zifferblatt. Die Hülse *d* trägt an ihrem oberen Ende den Lagerbock *f* für die Deklinationsachse *g*. Diese wird von zwei zapfenartigen Fortsätzen des innerhalb des Lagerbockes *f* befindlichen Metallrahmens *h* gebildet, an welch letzterem auch die die Deklinationstheilung tragende Kreisscheibe *D* befestigt ist. Als Marke zur Einstellung der Deklination dient der an *f* angebrachte Zeiger *i*. Mit dem ringförmigen Fortsatz des Rahmens *h* ist der aus Aluminium gefertigte Trichter *k* verbunden, in dessen äusserstes, weites

Ende die etwa 9 *cm* grosse Sammellinse *S* eingesetzt ist. Die in die Linse eintretenden und von dieser konvergent gemachten Strahlen gelangen da, wo der Strahlenkegel einen Durchmesser von etwa 40 *mm* besitzt, in eine entsprechend gekrümmte Konkavlinse, aus welcher die Strahlen sodann als ein paralleles intensives Bündel austreten. Mittels zwei an ihren Stirnflächen gerieften und sich gegenüber liegenden Knöpfen *l* kann die Konkavlinse innerhalb geringer Grenzen (ungefähr 1,5 *cm*) verschoben werden. Ohne diese geringe Verschiebung würde es bei der starken Krümmung der Sammellinse schwer erreichbar sein, bei verschieden grossen Entfernungen der vom Heliostaten aufgestellten Apparate diese immer noch mit einem möglichst intensiven kleinen Lichtbündel zu erleuchten, da sich auf grosse Entfernungen schon eine mässige Divergenz der Strahlen bemerkbar macht, wenn auch bei einer Distanz von etwa 2 *m* das Lichtbündel immer noch als ein paralleles angesehen werden kann. Gegenüber der trichterförmigen Röhre mit der Sammellinse ist an dem Rahmen *h* das Gewicht *m* angebracht, welches der anderen Seite von *h* das Gleichgewicht hält.

Innerhalb des Rahmens *h* befindet sich das totalreflektirende Prisma *Pr*, dessen eine Kathetenfläche, aus der das Licht austritt, nach dem Pol gerichtet ist. Das reflektirte Strahlenbündel wird also stets in der Richtung der Stunden- oder Polarachse zurückgeworfen werden. Doch trifft dies ohne sonstige Vorkehrung der Prismenanordnung nur in jenen Fällen zu, wenn die Deklination gleich Null ist (Zeit der Tag- und Nachtgleichen). Zu jeder anderen Jahreszeit würde, da das in das Prisma eintretende Licht nicht senkrecht auf die eine Kathetenfläche auffällt, das austretende Lichtbündel beim Gang des Heliostaten eine mehr oder minder grosse oszillirende Bewegung ausführen. Ein freihändiges Nachstellen des drehbar eingerichteten Prismas wäre mühsam und zeitraubend, selbst wenn eine Orientirungstheilung dazu vorhanden wäre. Es wurde deshalb eine mit dem um *g* drehbaren Prisma einerseits und dem festen Lagerbock *f* andererseits verbundene Gelenkeinrichtung (in der Figur nicht sichtbar) angebracht, die stets bei der Einstellung der Deklination automatisch dem Prisma die richtige Winkelstellung verleiht. In der Beschreibung des ersten von Mayer konstruirten und beschriebenen derartigen Heliostaten ist eine solche oder ähnliche für den praktischen Gebrauch des Heliostaten fast unentbehrliche Einrichtung nicht erwähnt und auch aus der gegebenen Figur nicht zu ersehen.

Um nun das aus dem Prisma austretende Lichtbündel nach einer beliebigen Stelle weiter zu reflektiren, ist das Instrument mit dem Spiegel *Sp* ausgerüstet, welcher für die allseitige Beweglichkeit mit dem vierfachen Scharnirgelenk q und $q^1\ q^2\ q^3$ versehen ist und ferner mittels des zylindrischen Stabes r und der Schiebehülse r^1 hoch- und tiefgestellt werden kann. Anstatt des Spiegels *Sp* kann nöthigenfalls auch ein Prisma angewandt werden.

Zur Einstellung und Ingangsetzung des Heliostaten verfährt man folgendermaassen:

1. Einstellung der *Breite des Ortes* mit Hülfe der Breitengradtheilung auf dem Quadranten *P*. An dieser Einstellung wird, solange der Heliostat unter gleichem Breitengrad verbleibt, nie wieder eine Aenderung vorgenommen.

2. *Vertikalstellung der Azimuthachse* durch Einstellen der Libelle *L* mittels der Nivellirschrauben im Dreifuss.

3. *Einstellung der Zeit.* Nachdem die Uhr aufgezogen (Griff *z*) stellt man den Zeiger derselben nach Lösen der Schraube *b* auf die richtige Zeit (*wahre Sonnenzeit des Ortes*).

4. *Ermittlung der Meridianstellung.* Ist die Uhr richtig gestellt und in Gang gesetzt, so ist alsdann die Stundenachse *x* der Erdachse parallel zu stellen. Dazu löst

man die Klemmschraube *a* der Azimuthachse und dreht letztere (an $s\,s^1$ angefasst) so lange, bis das aus *Pr* austretende Strahlenbündel das Prisma im Sinne der gemachten Drehbewegung gleichmässig erfüllt, und klemmt sodann *a* wieder fest. Eine Diopter-einrichtung, wie solche die übrigen Heliostaten meist besitzen, ist hierbei entbehrlich.

5. Die Einstellung der *Deklination der Sonne* geschieht durch geringes Neigen der Linsenkombination in *k* um die Achse *g*, bis dass der die Deklinationstheilung auf *D* bestreichende Zeiger *i* die richtige Deklination anzeigt. Ist letztere nicht bekannt, so genügt es auch vollkommen zur Einstellung der Deklination, die Neigung ohne Rücksicht auf die Theilung soweit vorzunehmen, bis dass wie bei der Meridianstellung das in *Pr* deutlich erblickte und hellleuchtende kreisförmige Lichtbündel symmetrisch oder ganz gleichmässig das Prisma erfüllt.

Aufhängevorrichtung für Anschlusslatten bei Kontrolnivellements.

Von

Institutsmechaniker **M. Fechner** in Potsdam.

(Mittheilung aus der Werkstatt des Königl. Geodätischen Instituts.)

Bei den Kontrolnivellements zur Revision der Höhenlage der Nullpunkte von selbstregistrirenden Fluthmessern hat sich das Bedürfniss herausgestellt, eine Vorrichtung zu besitzen, welche gestattet, die Anschlusslatte mit Sicherheit so aufzuhängen, dass ihr Nullpunkt mit dem Nullpunkt des Fluthmessers in gleicher Höhe liegt; denn theils sind diese letzteren Nullpunkte schwer zugänglich und die Latte muss mit der Hand angelegt werden, theils liegen sie so, dass sie von dem ausserhalb des Pegelhauses aufgestellten Nivellirinstrumente aus nicht sichtbar sind. Um diesen Uebelständen zu begegnen, sind nach den Angaben des Hrn. Prof. Westphal in der Werkstatt des Königlichen Geodätischen Instituts folgende Vorrichtungen von mir konstruirt worden.



Fig. 1.

Mit dem vertikalen Träger *m* (Fig. 1) ist die Schlittenführung *n* verbunden; sie liegt mit zwei, in der Figur nicht sichtbaren Kugelzapfen in zwei Pfannen des Trägers und ist durch zwei an der Rückseite des Apparates angebrachte, in der Figur gleichfalls nicht sichtbare Schrauben am Träger befestigt; durch entsprechendes Anziehen und Lösen dieser Schrauben kann die Schlittenführung in ihren Lagern verstellt und horizontirt werden. Der Schlitten *i* ist in seiner Führung mittels der Kordelschrauben *cc'* vertikal verstellbar. Mit dem Schlitten fest verbunden ist das durchbohrte Führungsstück *u*, in dessen Bohrung ein gerader Stahlzapfen *l* genau hineinpasst, der mittels der Druckschraube *d* beliebig festgestellt werden kann; der Stahlzapfen *l* ist an beiden Enden kegelförmig und gut zentrisch abgedreht und endigt in feinen Spitzen.

Diese ganze Vorrichtung ist mittels eines Zapfenstücks um die Buchse *p* drehbar; mit Hülfe der drei Fussschrauben *a* lässt sich der Apparat horizontiren und durch eine in der Figur nicht sichtbare Feststellschraube mit dem Pegeltisch fest verbinden.

Ein gutes, mit Gegengewicht versehenes Dosenniveau *h* (Fig. 2), welches mittels einer passenden Aussparung auf den Stahlzapfen *l* aufgesetzt wird, gestattet die genaue Horizontirung des Apparates. Ist diese erfolgt, so wird statt des Niveaus die Anschlusslatte *h'* auf den Zapfen aufgesteckt und, um Durchbiegungen zu vermeiden, möglichst nahe an das Führungsstück *u* herangebracht. Es befinden sich dann die Achse des Stahlzapfens, die beiden Endspitzen und der Anfangspunkt der Lattentheilung in *einer* Horizontalen.



Fig. 2.

Anschlusslatte und Dosenniveau haben gleiches Gewicht. Bei Anwendung der nöthigen Vorsicht zeigt sich keine Verbiegung der Endspitzen, gleichviel ob Latte oder Niveau aufliegen, oder ob der Stahlzapfen frei ist.

Beim Gebrauch wird der Apparat mit Hülfe des Dosenniveaus horizontirt und dann so gedreht und mit Hülfe der Schrauben *cc'* vertikal verstellt, dass die eine Endspitze von *l* mit dem Nullpunkt des Fluthmessers koïnzidirt. Zur Kontrole empfiehlt es sich, den Stahlstab *l* umzulegen, um festzustellen, dass er nicht verbogen ist. Der Apparat wird dann so weit gedreht, dass die andere Spitze vom Nivellirinstrument aus sichtbar wird; statt des Niveaus wird die Latte aufgesteckt und die Messung kann beginnen.

Eine einfachere Form des Apparates, ohne Vertikalachse und ohne Vorrichtung zum Drehen, zeigt Fig. 2. Sie kommt zur Anwendung, wenn der Nullpunkt vom Nivellirinstrument aus gesehen werden kann, und wird mittels zweier Befestigungsschrauben und des Flantsches *f* auf dem Pegeltisch befestigt.

Fig. 1 zeigt den Apparat mit aufgesteckter Latte, Fig. 2 mit aufgelegtem Niveau.

Ueber einen Gitter-Spektral-Apparat.

Von

H. Olsen.

(Mittheilung aus der optisch-astronomischen Werkstätte von C. A. Steinheil Söhne in München.)

Das nachfolgend beschriebene Instrument stellt gegen die schon seit 1893 ausgeführte Konstruktion eines Steinheil'schen Gitter-Spektral-Apparates insofern eine Verbesserung dar, als die Messung der Ablenkung durch das Reflexionsgitter eine gleich genaue wie bei feineren Winkelmessinstrumenten ist und der Uebergang von dieser gemessenen Ablenkung zu den Wellenlängen durch eine einfache Formel bewerkstelligt wird, während beim früheren Apparat dies nur durch graphische Interpolation möglich war[1]).

---

[1]) Siehe Preisliste über Instrumente für Astronomie und Physik 1894 von C. A. Steinheil Söhne, München.

Die Konstruktion des Instruments ist auf Grundlage der s. Zt. von Prof. Lippich[1]) angegebenen einfachen Gleichungen zur Bestimmung der Wellenlängen an Reflexionsgittern erfolgt. Als Gitter wird ein ebenes Rowland'sches Diffraktionsgitter verwendet. Das Beobachtungsfernrohr steht fest, nur das Gitter wird gedreht und dieser Drehungswinkel gemessen.

Durch Auswechslung des Beobachtungsfernrohrs mit einer photographischen Kamera lässt sich der Apparat neben der optischen Beobachtung auch zur photographischen Aufnahme der Gitter-Spektra verwenden.

Die Zusammensetzung und obere Ansicht des Instruments ist in Fig. 1, die äussere Ausstattung in Fig. 2 wiedergegeben.

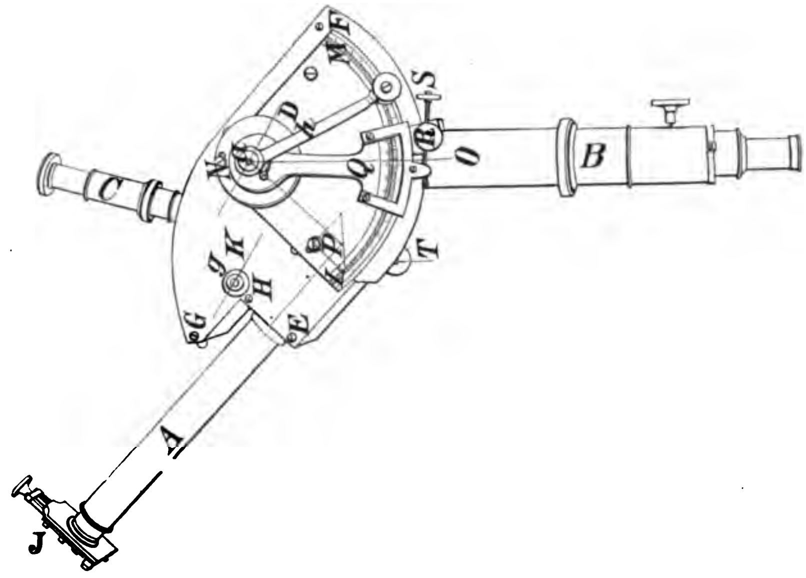


Fig. 1.

Der Kasten des Apparats trägt die Platte *EFGH* als Deckel, letzterer einen getheilten Viertelkreis mit Nonius und Lupe zum Ablesen. Im Innern des Kastens befinden sich das Gitter *D*, Prisma *P* und Spiegel *K*. Die Verstellung des Gitters geschieht um die Achse *a* durch den Noniusarm *Q*. *A* ist das Kollimatorrohr mit Spalt *J*, *B* das Beobachtungs- und *C* das Skalen-Fernrohr.

Die von der Spaltöffnung kommenden Strahlen treten unter sich parallel aus dem Kollimator-Objektiv heraus, werden durch das rechtwinklige Prisma *P* in der Richtung *Pa* auf die Gitterebene *D*, von da weiter in der Richtung *a O* reflektirt. Wird das Gitter durch Drehen so gestellt, dass die Normale der Gitterebene den Winkel *PaO* halbirt, so sieht man im Beobachtungs-Fernrohr das durch direkte Reflexion am Gitter entstandene Spaltbild; fällt letzteres genau mit dem Fadenkreuz im Okular zusammen, so ist hierdurch die Nullstellung des Instruments hergestellt, d. h. auf beiden Seiten von diesem äusserlich durch den Nonius angegebenen Nullpunkt liegen die Spektra verschiedener Ordnung symmetrisch angeordnet.

Der Drehungswinkel des Gitters (um an Stelle des Spaltbildes die zu bestimmende Linie im Fadenkreuz zu erhalten) ist daher auf beiden Seiten von Null der gleiche. Zur Messung dieses Winkels ω ist auf dem Deckel des Apparats obengenannter getheilter Kreisquadrant *LMN* angebracht, über dem der Noniusarm *Q*

[1]) *Diese Zeitschr.* **4.** *S. 4. 1884.*

und der Lupenträger h gleiten. Der Kreisquadrant ist in Intervallen von 10′ getheilt, die Ablesung durch Nonius und Lupe beträgt 10″. Behufs Kontrole kann der Winkel ω auf beiden Seiten von Null gemessen werden; der Nonius ist deshalb als Doppelnonius ausgeführt. Vorn am Nonius ist die Klemme R und die Feinbewegungs-Vorrichtung angebracht: mit der Schraube S wird mikrometrisch eingestellt.

Das ganze Instrument ruht auf einem mit drei Stellschrauben und einem Träger für Beobachtungsrohr bezw. Kamera versehenen Dreifuss und lässt sich auf demselben in horizontaler Richtung drehen und festklemmen.

Das Skalenfernrohr C ist mittels eines unterhalb des Gitterkastens angebrachten Armes um die Achse T drehbar, um dasselbe auch für die Spektra zweiter und dritter Ordnung benutzen zu können. Mit dem Skalenfernrohr wird gleichzeitig auch



Fig. 2.

eine an der Seitenwand des Gitterkastens befindliche Blendenplatte mit zwei Oeffnungen bewegt. Wird die Skale für das Spektrum erster Ordnung benutzt, so muss das Skalenfernrohr in die zweite (vom Spaltfernrohr am weitesten entfernte) Oeffnung der Blendenplatte gesteckt werden, während für die Spektra zweiter und dritter Ordnung die dem Spaltrohr zunächst befindliche Oeffnung anzuwenden ist. Im letzteren Falle ist auch der Spiegel K mittels des gerieften Schraubenkopfes g so lange zu drehen, bis die entsprechend beleuchtete Skale sichtbar wird.

Soll der Apparat zu photographischen Aufnahmen benutzt werden, so wird das Beobachtungs-Fernrohr aus der schwalbenschwanzförmigen Führung geschoben und die mit Objektiv (Gruppen-Antiplanet 33 *mm*, $f = 18$ *cm*), Mattscheibe und zwei Kassetten ausgestattete photographische Kamera (Plattengrösse 6×9 *cm*) dafür eingeführt. Fig. 2 zeigt den Apparat in dieser Ausstattung mit daneben befindlichem, abgenommenen Beobachtungs-Fernrohr. Auf jeder Platte sind durch Verschieben drei Aufnahmen möglich.

Die der Konstruktion des Apparats zu Grunde liegende Gleichung ist nach Lippich[1])

$$\lambda = \frac{K \sin \omega}{n}.$$

[1]) *A. a. O. S. 4.*

K ist hierbei eine Konstante des Instruments, zusammengesetzt aus dem Winkel E, den der total reflektirte Strahl Pa mit der Achse aO des Beobachtungs-Fernrohrs bildet, und der Distanz e der Gitterstriche; n ist die Ordnungszahl des betreffenden Spektrums.

Die Konstante K des Instruments ergiebt sich nach Lippich aus der Formel

$$K = 2\,e\cos\frac{E}{2} = \frac{n\,\lambda}{\sin\omega}.$$

Bei Benutzung des Sonnenspektrums lässt sich daher diese Konstante ganz leicht ermitteln, ohne dass man die Distanz der Gitterstriche e und den Winkel E zu kennen braucht. Die Wellenlängen für die Fraunhofer'schen Linien im sichtbaren Theil des Spektrums sind ja so genau und oft bestimmt, dass man dieselben als gegeben betrachten kann und dann nur den Drehungswinkel des Gitters ω für die entsprechenden Linien zu messen braucht, um so K zu erhalten aus der Formel

$$K = \frac{n\,\lambda}{\sin\omega}.$$

Mit Hülfe dieses K kann man dann die Wellenlängen irgend welcher Lichtlinien feststellen.

Für ein in der Steinheil'schen Werkstätte ausgeführtes Instrument wurde auf diese Weise $\log K = 7{,}51493$ ermittelt. Als Kontrole wurden mit dem Instrument die Drehungswinkel ω des Gitters für die zur Konstantenberechnung nicht benutzten Linien D_1, D_2, b und F bestimmt und dabei folgende Resultate erhalten.

Drehungswinkel ω des Gitters:

	D_1	D_2	b	F
Spektrum erster Ordnung .	10° 22′ 45″	10° 22′ 5″	9° 5′ 45″	8° 32′ 35″
Spektrum zweiter Ordnung .	21° 7′ 15″	21° 5′ 55″	18° 25′ 45″	17° 16′ 45″

Mit Hülfe des Werthes $\log K = 7{,}51493$ und dieser Winkel wurden folgende Wellenlängen (in Millionstel Millimeter) ermittelt.

	D_1	D_2	b	F
Spektrum erster Ordnung .	589,64	589,02	517,39	486,19
Spektrum zweiter Ordnung .	589,67	589,07	517,33	486,07

Vergleicht man diese Messungsresultate mit den s. Zt. von Müller und Kempf bestimmten Normal-Wellenlängen[1]), so ergiebt sich unter Berücksichtigung der Ablesungsgenauigkeit die denkbar beste Uebereinstimmung.

Es wird also das Instrument auch bei spektralanalytischen Beobachtungen gute Dienste leisten.

Referate.

Untersuchungen über Nickel-Stahl-Legirungen.

Von Ch. Ed. Guillaume. *Compt. rend.* ***126.*** *S. 738. 1898.*

Die Untersuchungen schliessen sich an frühere Arbeiten Guillaume's an, über welche bereits referirt worden ist (vgl. *diese Zeitschr.* ***17.*** *S. 155 u. S. 344. 1897*). Die neuen Mittheilungen haben zum Gegenstand die Volumenvermehrung der sogen. irreversibelen Nickel-Stahl-Legirungen (bis zu 25% Ni-Gehalt) bei Abkühlung auf jenen Punkt, wo sie ihren bei

[1]) Müller und Kempf, Bestimmung der Wellenlängen von 300 Linien im Sonnenspektrum. *Publikationen d. Astrophys. Observatoriums zu Potsdam* ***5.*** *Nr. 20. 1896.*

Kirschrothgluth verlorenen Magnetismus wieder gewinnen, ein Verhalten, welches bereits von J. Hopkinson beobachtet wurde. Guillaume untersuchte besonders eingehend einen Barren mit 15% Ni, welcher an einem Ende mit einem Messingstab derart zusammengelöthet war, dass durch mikrometrische Messungen die Längendifferenz beider Stäbe bei verschiedenen Temperaturen ermittelt werden konnte. Die Messungen zeigten Folgendes. In dem Bereich der hohen Temperatur, in welcher die Legirung ihren Magnetismus verliert, verlief ihre thermische Ausdehnung ungefähr wie beim Messing. Sobald jedoch bei fallender Temperatur etwa die Temperatur 130° C. erreicht wurde, begann die Legirung unter dem Einfluss der Abkühlung sich um ungefähr 40 μ pro Meter und Grad auszudehnen. Unterbrach man während dieser Ausdehnung die Abkühlung durch erneutes Erwärmen, so trat eine weitere Volumenvermehrung ein. Wurde jetzt bei dieser höheren Temperatur eine abermalige Abkühlung herbeigeführt, so zog sich der Nickel-Stahl-Barren zusammen bis zu jener Temperaturstufe, auf welcher die letzte Erwärmung begonnen hatte. Dann aber schlug die Zusammenziehung plötzlich wieder in eine Volumenvermehrung um, welche sich mit ähnlicher Gesetzmässigkeit wie bei der ersten Abkühlung bis auf — 60° herab verfolgen liess. Dieser Uebergang von Zusammenziehung in Ausdehnung bei fallender Temperatur verzögert sich unter Umständen in eigenthümlicher Weise; z. B. konnte man bei einer Legirung mit 24% Ni, welche ähnlich der vorigen behandelt wurde, beobachten, dass die Zusammenziehung durch die der erneuten Erwärmung folgende Abkühlung noch bei einer Unterschreitung der bereits einmal erreichten Ausgangstemperatur um ungefähr 15° andauerte. Dann aber trat eine sprungweise Volumenvermehrung ein, welche den Barren in wenigen Sekunden auf diejenige Länge bringt, welche er bei der vorhandenen Temperatur durch ununterbrochene Abkühlung erreicht haben würde. Die Molekularkräfte können sich demnach eine Zeit lang in einem labilen Gleichgewichtszustand befinden, welcher die beobachtete Verzögerung im Uebergang von Zusammenziehung in Ausdehnung veranlasst. Guillaume beobachtete unter solchen Bedingungen in wenigen Sekunden verlaufende Längenzunahmen von nahezu 1 *mm*. Bei der zuletzt genannten Legirung waren die geschilderten Verzögerungen besonders stark ausgeprägt. Die Grösse der Ausdehnung und Zusammenziehung war von der Art der thermischen Behandlung der Legirung abhängig. *G.*

Das Short'sche distanzmessende Nivellirinstrument.

Von V. Baggi. *Rivista di Topografia e Catasto.* **9.** *Nr. 4 und 5. S. 61 u. S. 73. 1896/97*[1]).

In England macht gegenwärtig der Distanzmesser nach Short's Patent, von Casella in London ausgeführt, viel von sich reden. Der kleine Horizontalkreis des Instruments trägt eine Theilung, deren Striche dem Fallen oder Steigen der Ziellinie von 1:500 bis 1:40 entsprechen: stellt man den Alhidadenindex z. B. auf den Strich 100, so giebt man der Ziellinie (wenn sie bei der Einstellung auf den Nullstrich horizontal liegt) die Neigung $^1/_{100}$ u. s. f. Es ist dies dadurch erreicht (vgl. Fig. 2 in dem Aufsatz von Baggi), dass der Drehungszapfen etwas schief geführt ist. Als Gefällmesser muss das Instrument bequem sein; angenehm ist jedenfalls für sämmtliche mit dem Instrument mögliche Messungen, dass man keinen Nonius zur Ablesung oder Einstellung nöthig hat. Bei der Anwendung als Distanzmesser ist die doppelte Ablesung (vor und nach der Verstellung der Alhidade) auf der Latte unbequem, da dadurch die Latte zu lange auf dem aufzunehmenden Punkt aufgehalten wird. Uebrigens wird die Einfachheit und Raschheit der Arbeit von Baggi und in den angeführten Broschüren gerühmt. Selbstverständlich lassen sich gleichzeitig Horizontaldistanz und Höhenunterschied nach dem Lattenstandpunkt bestimmen. Der Ref. hat das Instrument noch nicht gesehen und kann also nicht darüber urtheilen. Er möchte aber hier abermals den Wunsch aussprechen, dass in Deutschland durch Stellen (unter die die Technischen Hochschulen gehören sollten), denen die erforderlichen Mittel und Arbeitskräfte zur Verfügung stehen, die

---

[1]) Vgl. ferner die Broschüren von Casella in London *„The Gradient-Telemeter Level, J. Short's Patent“* und *„The Gradient-Telemeter Dumpy Level, J. Short's Patent“*.

zahlreichen ausländischen Bestrebungen zur Herstellung einfacher und keine Rechnung erfordernder Tachymeter sorgfältiger verfolgt würden, als es bis jetzt zu geschehen scheint, und dass die Ergebnisse solcher Versuchsmessungen mit diesen Instrumenten publizirt würden, sowohl was die Genauigkeit als was den Zeitaufwand betrifft. Es wäre doch gewiss von Interesse und unmittelbarem praktischen Nutzen, zu einer möglichst objektiven Vergleichung aller dieser Instrumente kommen zu können. *Hammer.*

Ein Instrument zur Messung von Potentialdifferenzen.

Von J. Lüroth. *Zeitschr. f. Vermess.* **26.** *S. 15. 1897.*

Der Verf. giebt Anregung zur Konstruktion eines neuen Instruments zur Bestimmung der Unterschiede des Schwerkraftpotentials an verschiedenen Orten der Erdoberfläche. Er zweifelt selbst nicht an der geringen Leistungsfähigkeit des von ihm vorgeschlagenen, auf dem Planimeterprinzip beruhenden Apparats für wirkliche Messung und fordert zur Konstruktion eines bessern auf. *Hammer.*

Ein neues Reisebarometer.

Von A. Darmer. *Ebenda* **26.** *S. 342. 1897;* Auszug aus *Zeitschr. f. d. Glasinstr.-Industrie* **5.** *Nr. 12.*

Das Darmer'sche Reisebarometer (D. R. G. M. 59 706; ausgeführt von der Glasinstrumentenmacherschule Ilmenau in Thüringen), ein Heberbarometer mit Gummischlauch zwischen den beiden Schenkeln des Glasrohrs und Quetschverschluss, ist in der kurzen Zeit seit seiner Herstellung bereits so bekannt geworden, dass die Anzeige dieser Beschreibung fast entbehrlich ist. Immerhin sei auch hier auf die die Aufgabe des leicht *transportablen* Quecksilberbarometers trefflich lösende Konstruktion aufmerksam gemacht. Von Interesse wäre zu erfahren, ob etwa bereits Erfahrungen über die Haltbarkeit des Gummistücks (aus reinem Paragummi) in tropischer Hitze oder bei sehr geringen Temperaturen (Hochgebirge, Arktis) vorliegen. *Hammer.*

Ueber Stimmplatten als Ersatz für Stimmgabeln zur Erzeugung sehr hoher Töne.

Von F. Melde. *Sitz.-Ber. d. Gesellschaft z. Beförderung d. ges. Naturwiss. zu Marburg. 1898. Nr. 4.*

Die Herstellung von Stimmgabeln zur Erzeugung hoher Töne leidet unter dem Uebelstande, dass es unmöglich ist, die einem bestimmten Tone entsprechende Gabelform durch Rechnung vorher zu bestimmen. Verf. empfiehlt daher an Stelle von Stimmgabeln die Verwendung von Stimmplatten, bei denen eine solche rechnerische Vorherbestimmung des Tones aus den Dimensionen und den physikalischen Konstanten des Materials möglich ist. Er hat die Schwingungszahlen einer grösseren Anzahl quadratischer Stahlplatten von 30 bis 50 *mm* Seitenlänge und 3 bis 10 *mm* Dicke experimentell bestimmt und mit den berechneten verglichen. Die Platten tragen in der Mitte einen Stiel, der in eine Unterlage eingeschraubt werden kann. Das Anstreichen geschieht mittels eines feuchten Glasstabes an einem in der Mitte einer Plattenseite angeklebten, eingekerbten Korkstückchen. Aufgestreuter Sand liefert als Knotenfigur das Kreuz durch die Ecken und beweist so, dass die Platte wirklich schwingt, obwohl wegen der hohen Schwingungszahl ein Ton nicht hörbar ist. Die Bestimmung der Schwingungszahlen geschah nach einer vom Verf. früher (*Wied. Ann.* **52.** *S. 238. 1894*) beschriebenen Methode, welche darauf beruht, dass die Schwingungen der Platte durch mechanische Uebertragung in Konsonanz gebracht werden mit den Schwingungen eines an einem Ende festgeklemmten Stabes von rechteckigem Querschnitt und variabler Länge, dessen Schwingungszahl aus seinen geometrischen und physikalischen Konstanten berechnet werden kann. Der Eintritt der Konsonanz ist daran erkennbar, dass der auf den Stab aufgestreute Sand sich zu geraden äquidistanten Knotenlinien ordnet, aus deren Anzahl sich gleichzeitig die Ordnungszahl des angegebenen Obertones ergiebt. Die so beobachteten Schwingungs-

zahlen der Platten, welche von 14000 bis 27000 variiren, weichen von den berechneten im Mittel um etwa 3% ab, was in der Beeinflussung der Schwingungen der Platte durch die des Stieles eine hinreichende Erklärung finden dürfte. *W. D.*

Ueber ein absolutes Aktinometer.

Von A. Crova. *Compt. rend.* **126.** *S. 1394. 1898.*

Die zur Aufnahme der Sonnenstrahlung auf der Vorderseite geschwärzte aktinometrische Scheibe aus galvanoplastischem Kupfer (5 *mm* dick und von 4 *cm* Durchmesser) ist mittels dreier, an ihrem äussern Rande fixirten, dünnen Kupferfäden innerhalb eines isolirten Kupferringes in einer doppelwandigen, zylindrischen Messinghülle (von 35 *cm* Länge und 8 *cm* Durchmesser) zentrisch eingespannt. Die Doppelhülle ist für Wasserfüllung eingerichtet und deren Boden bildet ein Bajonnetverschluss, welcher neben den Isolirstützen des eingespannten Kupferringes eine matt polirte kreisförmige Glasscheibe trägt, auf welcher der Schatten der Aktinometerscheibe zentrisch eingestellt wird. Letztere ist 14 *cm* über dem Boden der Doppelhülle fixirt und vor ihrer exponirten, schwarzen Fläche befinden sich, in einer Entfernung von 2 zu 2 *cm*, zehn Diaphragmen-Kammern aus dünnem Aluminiumblech, vorn hochpolirt und auf der Rückseite geschwärzt, die, wie beim Langley'schen Bolometer und dem Crova'schen Aktinographen, den Eintritt von Luftströmungen verhindern sollen; die Oeffnung der Diaphragmen beträgt 44 *mm*. Die Temperaturmessung der aktinometrischen Scheibe geschieht auf thermoelektrischem Wege mittels eines achsial an der Hinterfläche eingeführten Thermoelementes aus Kupfer-Konstantan; die andere Löthstelle befindet sich in der Wasserfüllung der Doppelhülle; der eintretende Ausschlag am Galvanometer wird mittels Fernrohr, Spiegel und Skale bestimmt.

Der ganze Apparat, von Mechaniker Pellin sorgfältig konstruirt, ist altazimuthal montirt und mit getheilten Kreisen zur genauen Einstellung versehen. Wegen der Beobachtungsmethoden und übrigen Details müssen wir auf die Originalmittheilung verweisen.

J. M.

Neue Versuche mit dem Differential-Thermoskop.

Von G. Looser. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* **11.** *S. 105. 1898.*

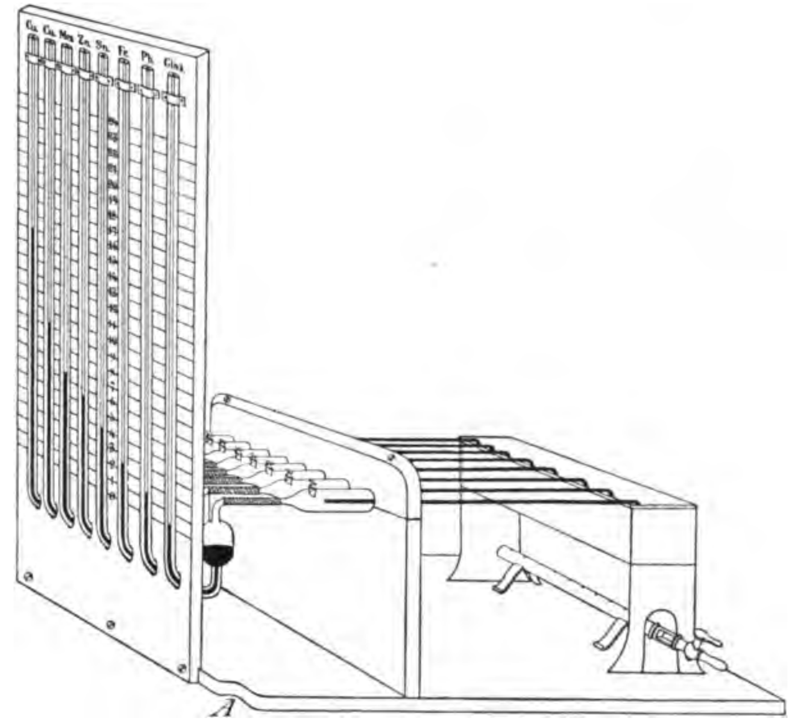
Looser giebt 20 neue Versuche an, die mit seinem Differential-Thermoskop *(vgl. a. a. O.* **8.** *S. 291. 1895;* **9.** *S. 265 u. 310. 1896)* ausgeführt werden können, und beschreibt die dazu erforderlichen Nebenapparate. Die Versuche betreffen den Nachweis, dass die Abkühlung eines Gases bei Druckverminderung zu dem Unterschied des Anfangs- und Enddruckes in festem Verhältniss steht, das Verhältniss der von dem elektrischen Strome geleisteten Arbeit zur Wärme, den Nachweis des Joule'schen Gesetzes für Drähte und Flüssigkeiten, die Erzeugung von Wärme durch Schütteln von Quecksilber, den Nachweis, dass die siedende Salzlösung und der daraus aufsteigende Wasserdampf denselben Wärmezustand haben, die Abhängigkeit des Siedepunkts vom Druck, die Wärme bei Vermehrung der Disgregation, die Absorption von Wärmestrahlen durch Gase, die Ausdehnung des Glases bei Erwärmung von Flüssigkeiten, die Wärme bei der chemischen Verbindung zweier Gase und die Erwärmung von Kleiderstoffen durch Absorption von Gasen. Die Apparate sind von R. Müller in Essen zu beziehen. *H. H.-M.*

Ein neuer Wärmeleitungsapparat.

Von G. Looser. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* **11.** *S. 165. 1898.*

Acht Stangen tauchen mit ihren rechtwinklig umgebogenen Enden in ein Zinkgefäss mit Wasser, das durch einen untergestellten Brenner in mässigem Sieden erhalten wird. Die anderen Enden gehen luftdicht in zylindrische, mit Glashahn versehene Kapseln, die durch Schläuche mit den sorgfältig kalibrirten vorderen Manometerrohren, die über hellen Milchglasskalen angeordnet sind, in Verbindung stehen. Die Manometer sind mit einer gefärbten Flüssigkeit gefüllt, die sich beim Oeffnen der Hähne auf Null stellt. Die Stoffe sind so geordnet, dass sich links das am besten leitende Kupfer befindet, einmal mit Wärmeschutz und

Glasrohr bekleidet, das andere Mal nackt; dann folgen Messing, Zink, Zinn, Eisen, Blei und Glas. Das Brett, das die Kapseln mit den Hähnen trägt, hält den grössten Theil der Wärmestrahlen ab. Es kann über den Kapseln abgeschraubt und jede Kapsel nachgesehen werden.



Die Vorrichtung ist durch die Glasbläserei von R. Müller in Essen zum Preise von 105 M. für 6 Stäbe und 115 M. für 8 Stäbe zu beziehen. Der Grundgedanke des Apparates ist bereits früher von K. Noack in der *Zeitschr. z. Förderung des phys. Unterr.* ***3.*** *S. 67. 1886* verwendet worden. *H. H.-M.*

Ueber das Drehungsvermögen des Quarzes für den infrarothen Theil des Spektrums.

Von R. Dongier. *Compt. rend.* ***126.*** *S. 1627. 1898.*

In einer früheren Arbeit (*Compt. rend.* ***125.*** *S. 228. 1897*, vgl. auch *diese Zeitschr.* ***18.*** *S. 90. 1898*) hatte der Verfasser die Rotationsdispersion des Quarzes für infrarothes Licht nach einer besonderen Methode ermittelt; dabei waren die Wellenlängen des verwendeten Lichtes mit Hülfe der von Carvallo früher untersuchten Dispersion des Kalkspaths bestimmt worden. Es hatte sich ergeben, dass die von Carvallo für die Drehung des Quarzes aufgestellte Formel $\varrho = \frac{11{,}976\, n^2 - 21{,}027}{\lambda^2}$, in welcher n den Brechungsquotient des Quarzes für die benutzte Wellenlänge λ bedeutet, die Beobachtungen nicht hinreichend genau darstellte. Dongier fügte deshalb noch ein rein empirisches, zweites Glied hinzu, welches schon aus dem Grunde kein Vertrauen verdiente, weil es die Drehung für $\lambda = 3{,}2\,\mu$ unendlich gross werden lässt, was offenbar den Thatsachen direkt widerspricht. Nachdem nun Carvallo die Resultate seiner früheren Untersuchungen über die Dispersion des Kalkspaths neuerdings wesentlich modifizirt hatte (*Compt. rend.* ***126.*** *S. 950. 1898*), führte Dongier mit Hülfe der neuen Werthe für die Wellenlänge des benutzten Lichtes eine Neuberechnung der Drehung des Quarzes durch und fand, dass nunmehr sowohl seine eigenen Beobachtungen wie auch die von Carvallo früher angestellten durch die oben angegebene Carvallo'sche Formel innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler befriedigend dargestellt werden, dass also das oben erwähnte, bedenkliche Zusatzglied entbehrt werden kann. *Glch.*

Ueber Fernrohre mit Autokollimation und einen Apparat zur Prüfung von Linien und Flächen an Maschinen.

Von Ch. Dévé. *Compt. rend.* **126.** *S. 636. 1898.*

Die von einer kleinen Schirmöffnung in einem seitlich am Fernrohr angesetzten Rohr ausgehenden Lichtstrahlen werden von einer dünnen, nahezu planparallelen Luftschicht (die Abweichung ist so bemessen, dass die von beiden Flächen gelieferten Bilder in Richtung der optischen Achse übereinanderfallen) zwischen zwei Prismen unter einem Winkel, der etwas kleiner als der Grenzwinkel der Totalreflexion ist, nach dem Objektiv zu reflektirt. Die nach dem Durchtritt etwa von einem ebenen Spiegel reflektirten Lichtstrahlen werden im Brennpunkt des Objektivs vereinigt und bilden eine helle Marke, deren Lage bei einem positiven Okular gegen eine feste Marke beobachtet wird. Bei einem negativen Okular erzeugt eine vor dem Objektiv senkrecht zur optischen Achse fest angebrachte planparallele Glasplatte ein als feste Marke dienendes Bild. Verf. prüft nun die Geradheit von Linien, von zylindrischen Löchern, die Ebenheit von Flächen, den Parallelismus von Linien und Flächen, indem er mit seinem Fernrohr die Lage der Bilder in den dem zu prüfenden Gegenstand aufgesetzten Spiegeln beobachtet. Er beschreibt dann noch eine für diese Anwendungen geeignete Montirung des Fernrohrs. *A. K.*

Ueber eine Hülfseinrichtung für Herstellung photographischer Vergrösserungen.

Von J. Carpentier. *Compt. rend.* **126.** *S. 893. 1898.*

Verf. hat eine Gelenkvorrichtung konstruirt, welche dem zu photographirenden Gegenstand und der Aufnahmeplatte bezw. Mattscheibe gleichzeitig solche Bewegungen in Richtung der optischen Achse ertheilt, dass das Bild immer grösstmögliche Schärfe besitzt; dabei kann die eingestellte Vergrösserung direkt abgelesen werden. Es kommt dies auf die mechanische Lösung der Aufgabe hinaus, zu einer gegebenen Objektweite x bei gegebener Brennweite f die zugehörige Bildweite x' zu finden. Werden x und x' von den Brennpunkten aus gerechnet, so lautet die Formel bekanntlich $xx' = f^2$. Verf. gründet die Lösung auf die geometrische Beziehung, dass das Quadrat der Höhe in einem rechtwinkligen Dreieck gleich dem Produkt der Abschnitte auf der Hypotenuse ist. Die Einrichtung besteht daher im Wesentlichen in einem um seinen Scheitel beweglichen rechten Winkel, dessen Schenkel Schlitten mitnehmen, die in Führungen parallel zur optischen Achse gleiten und die Rahmen für Objekt und Aufnahmeplatte tragen. *A. K.*

Das Fraunhofer-Objektiv.

Von S. von Merz. *Sitzungsber. d. Münch. Akad. 1898. S. 75.*

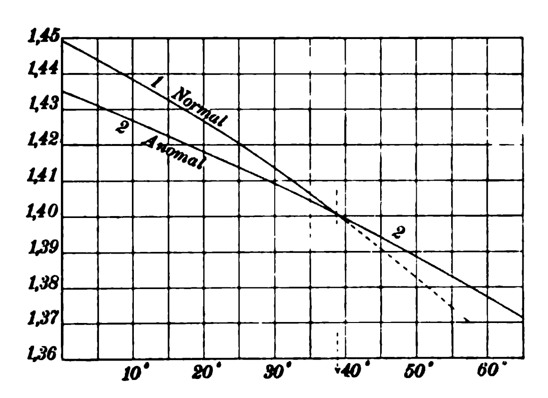
Beim Durchsehen des handschriftlichen Nachlasses des Fraunhofer'schen Instituts hat Verfasser 6 Radiuszettel aus der Zeit vom 5. Okt. 1822 bis zum 9. Sept. 1823 datirt gefunden. Die auf diesen Zetteln für Brennweiten, die sich zwischen 17,1″ und 72″ bewegen, aufgeführten Radienwerthe stellen, auf die Brennweite des Königsberger Heliometerobjektivs von 94″ umgerechnet, bis auf Zehntausendtel eines Zolles die Radien dieses Objektivs dar, wie sie Bessel nach Utzschneider's Angaben mitgetheilt hat. Für die bei diesen 6 Objektiven verwandten Glasarten, als Crown Nr. 32 und Flint. Nr. 43 bezeichnet, fanden sich auch Tabellen der Brechungsexponenten für die Spektrallinien B, C, D, E, F, G, H. Wie sich ferner zeigte, hat Fraunhofer den mittleren Exponenten als das arithmetische Mittel aus den Werthen für C, D, E und F und den Zerstreuungsquotienten als das Verhältniss der Dispersion von C bis F für beide Gläser berechnet. Die so erhaltenen Werthe stimmen ebenfalls mit den von Bessel nach Utzschneider gemachten Angaben überein. Daraus ergiebt sich mit Sicherheit, dass die Linsen des Heliometerobjektivs aus den erwähnten Gläsern bestehen. Aus der Abhandlung erfährt man weiter, dass Fraunhofer für die Vorrechnung die Klügel'schen Formeln benutzte. Das Verhältniss des 1. zum 2. Radius der Crownlinse wählte er $= 2{,}511214$, um das ganze Objektiv in das Minimum der Ablenkung zu bringen. Dass Fraunhofer diese Bedingung zu erfüllen suchte, ist übrigens früher von C. Moser als Vermuthung

ausgesprochen (*diese Zeitschr.* **7.** *S. 317. 1887*). Von Interesse ist noch die Mittheilung, dass die grösseren Objektive aus freier Hand geschliffen wurden; die ersten Schwierigkeiten mit der Radiusschleifmaschine sollen sich beim Dorpater 9-Zöller infolge von Durchbiegung der Radiusstange gezeigt haben. *A. K.*

Umwandlung des Zinksulfats beim Clark-Element.

Von W. Jaeger. *Wied. Ann.* **63.** *S. 354. 1897.*

Das gewöhnliche Hydrat des Zinksulfats ($ZnSO_4 + 7 H_2O$) verwandelt sich bei 39° C. unter Abgabe eines Moleküls Wasser und unter Volumvermehrung in ein anderes Hydrat ($ZnSO_4 + 6 H_2O$). Die Löslichkeitskurve des Salzes zeigt an dieser Stelle einen Knick. Der Temperaturkoëffizient der Löslichkeit ist für das gewöhnliche Hydrat grösser als für das umgewandelte. Theoretisch erhält man oberhalb und unterhalb der Umwandlungstemperatur zwei Kurven für die Löslichkeit, die sich bei 39° schneiden, und zwar ist die Löslichkeit des umgewandelten Hydrats unterhalb 39° grösser als die des normalen mit 7 Molekülen Wasser. In der Nähe der Umwandlungstemperatur (auf wenige Grad hinaus) lassen sich beide Kurven experimentell verfolgen, in grösserer Entfernung von derselben aber nur eine und zwar unterhalb 39° diejenige mit 7 Molekülen Wasser, oberhalb 39° die mit 6 Molekülen. Da nun die elektromotorische Kraft eines Elements von der Konzentration des betreffenden Elektrolyten abhängt, und zwar in der Weise, dass Elemente mit stärker konzentrirten Elektrolyten bei gleicher Temperatur eine geringere Spannung besitzen als solche mit verdünnteren Elektrolyten, so muss sich diese Umwandlung des Zinksulfats auch beim Clark-Element verfolgen lassen. Ueber derartige Umwandlungen des Clark-Elements sind schon von Lord Rayleigh (*Phil. Trans. 1883*) gelegentliche Beobachtungen angestellt worden. In der vorliegenden Mittheilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt wird diese Umwandlung in der Weise systematisch verfolgt, dass der Temperaturkoëffizient der Spannung von normalen wie von umgewandelten Elementen genau bestimmt wird. Es gelang hierbei, auch die Spannung der umgewandelten Elemente bis 0° herunter zu verfolgen, sodass also in diesem Fall unterhalb 39° thatsächlich zwei Kurven für die E. M. K. vorhanden sind. In der Figur sind diese beiden Kurven eingezeichnet; die Abszissen sind Temperaturen, die Ordinaten die Spannungen in *int. Volt.* Die Kurven werden dargestellt durch die Formeln



$$1.\quad E_t = 1{,}400_5 - 0{,}00152\,(t - 39^\circ) - 0{,}000\,007\,(t - 39^\circ)^2 \text{ int. Volt}$$

für das normale Element (mit einer Lösung von $ZnSO_4 + 7 H_2O$) und

$$2.\quad E'_t = 1{,}400_5 - 0{,}00102\,(t - 39^\circ) - 0{,}000\,004\,(t - 39^\circ)^2 \text{ int. Volt}$$

für das umgewandelte Element (mit einer Lösung von $ZnSO_4 + 6 H_2O$).

Die Formel *1* für das normale Element ist gleichbedeutend mit der in *dieser Zeitschr.* **17.** *S. 144. 1897* angegebenen Formel und wurde hier nochmals durch Beobachtungen bestätigt. Dieselbe gilt nur bis 39°; beim Erhitzen der Elemente über diese Temperatur wandelt sich das Hydrat um, und die E. M. K. entspricht dann der Kurve *2* (die gestrichelte Kurve ist also nicht reell). Beim Abkühlen folgt dann das Element je nach dem Grad und der Dauer der vorangegangenen Erhitzung der Kurve *1* oder *2*. Eine längere Erhitzung auf etwa 60° genügt meist, um das Element dauernd in den Zustand *2* umzuwandeln, sodass seine E. M. K. noch bis unterhalb 0° diese Kurve verfolgt. Bei 0° beträgt die Differenz zwischen Kurve *1* und *2* über 1 % der E. M. K. In der folgenden Zusammenstellung sind einige Werthe der Kurven *1* und *2* enthalten.

t	E_t in *int. Volt.*		Diff. *1—2*
	1 Normal	*2* Anomal	
0°	1,449	1,434	0,015
10°	1,439	1,427	0,012
20°	1,427	1,418	0,009
30°	1,414	1,409	0,005
40°	1,400	1,400	0

An der Hand von Photographien wird gezeigt, dass die Elemente im anomalen Zustand (Kurve *2*) bei Zimmertemperatur bedeutend mehr Salz gelöst enthalten als in gewöhnlichem Zustand. Ausserdem ist der Uebergang des Elements vom Zustand *2* in den normalen Zustand durch Photographien wiedergegeben. Es krystallisirt dabei eine Menge des normalen Zinksulfathydrates aus, welches in langen Nadeln anschiesst. Man kann diesen Uebergang dadurch hervorrufen, dass man das Element öffnet und einen kleinen Krystall des normalen Hydrats hineinwirft. Es dauert dann ungefähr eine Stunde, bis das Element in den normalen Zustand zurückgekehrt ist und alles überschüssig gelöste Salz auskrystallisirt. Wenn das Element nicht geöffnet wird, so hält es sich in dem umgewandelten Zustand monatelang; mitunter verwandelt es sich auch ganz von selbst zurück. Bei diesen Versuchen zeigte sich, dass derartig umgewandelte und wieder normal gemachte Elemente der Temperatur sehr gut folgen, indem die Zinksulfat-Krystalle, welche bei älteren Elementen oft zu einer festen Kruste zusammenbacken, durch die Umkrystallisation gelockert werden, sodass wieder Flüssigkeit zwischen sie eintreten kann. Es genügt hierzu auch schon eine längere Erhitzung auf 40°, ohne dass eine Umwandlung eintritt. Aehnliche Umwandlungserscheinungen wie beim Clark-Element wurden auch beim Cadmium-Element beobachtet; hierüber soll an einer anderen Stelle berichtet werden. *W. J.*

Längenänderung und Magnetisirung von Eisen und Stahl.

Von G. Klingenberg. *Inaugural-Dissertation. Rostock 1897.*

Die von Klingenberg gewählte Messmethode ist von Bidwell angegeben worden. Die Magnetisirungsspule *A* (Fig. 1) ist auf ein doppelwandiges Messingrohr gewickelt und vertikal aufgestellt. Zwischen das Doppelrohr kann durch Schlauchanschlüsse an den Enden Wasser geleitet werden, um den zu magnetisirenden Stab möglichst auf konstanter Temperatur zu erhalten. Die Stäbe hatten eine Länge von 75 *cm* und einen Durchmesser von etwa 0,25 *cm*. Sie waren oben und unten durch starke Messingdrähte $d\,d^1$ (Fig. 2 u. 3) verlängert. Der obere Draht d^1 kann durch die Schraube *e* gehoben oder gesenkt werden. An dem unteren *d* ist ein Ansatzstück *f* (Fig. 3) festgeklemmt. An letzterem hängt vermittels des Metallfadens *g* eine Gabel *p*, auf welcher die eine Schneide des aus Aluminium bestehenden Hebelarmes *r* von T-förmigem Querschnitt ruht. Eine zweite Schneide ist bei *h* fest gelagert. Am andern Ende des Hebels ist über die Spindel *k* ein feiner Metallfaden *i* geschlungen, der durch das Gewicht des auf Schneiden ruhenden Halbzylinders *l* gespannt erhalten wird. Auf die Vorderseite des Halbzylinders ist der Spiegel *n* geklebt. Längenänderungen des Stabes *b* werden durch den Hebel in eine Drehung des Spiegels übertragen, die mit Fernrohr und Skale abgelesen werden. Die Verschiebung um einen Skalentheil entsprach einer absoluten Längenänderung von 0,0000593 *mm*. Um die durch Erschütterungen verursachten Störungen möglichst zu beseitigen, war eine Oeldämpfung *o* angebracht.

Die magnetischen Messungen wurden nach der von Ewing eingeführten unipolaren Methode angestellt. Die Wirkung der grossen Spule *allein* auf das Magnetometer wurde durch eine Kompensationsspule aufgehoben, die sich im Innern eines weiten Messingrohres befand; auf diesem Rohre liess sich eine zweite kleine Spule von 3 Windungen verschieben, deren Enden in Quecksilbertröge tauchten. Fliesst der Strom nun hintereinander durch

Magnetisirungsspule, Kompensationsspule und Korrektionsspule, so kann man durch geringe Verschiebung der letzteren leicht eine genaue Kompensation herbeiführen. Die Spulen waren so justirt, dass die Wirkungen auf das Magnetometer nicht nur für die Nulllage der Nadel aufgehoben waren, sondern auch dann, wenn die Nadel durch einen in einer Drahtschleife fliessenden Strom abgelenkt worden war.

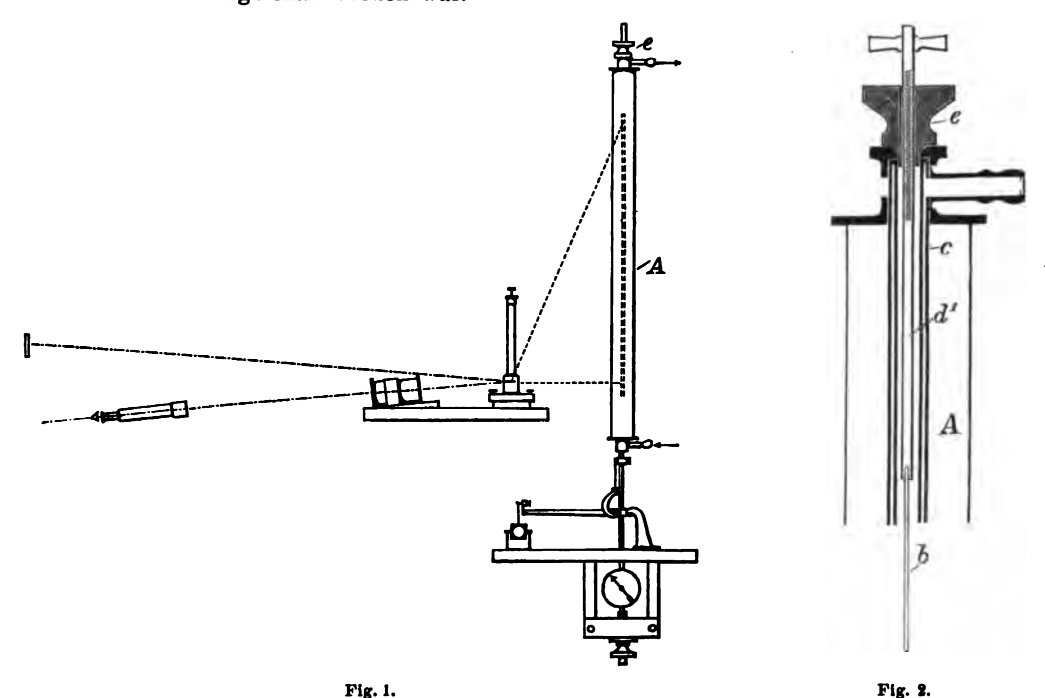


Fig. 1. Fig. 2.

Die Messungen selbst erforderten mehrere Vorsichtsmaassregeln, auf die nicht weiter eingegangen werden soll. Es wurden Proben von Schmiedeeisen und Stahl untersucht, und zwar wurden die zu verschiedenen Feldstärken gehörigen Magnetisirungen und Längenänderungen gemessen. War eine bestimmte Feldstärke erreicht, so wurde der Magnetisirungsstrom geöffnet und der remanente Magnetismus, sowie die remanente Längenänderung des Stabes bestimmt. Dieselben Messungen wurden alsdann durchgeführt, wenn die Proben

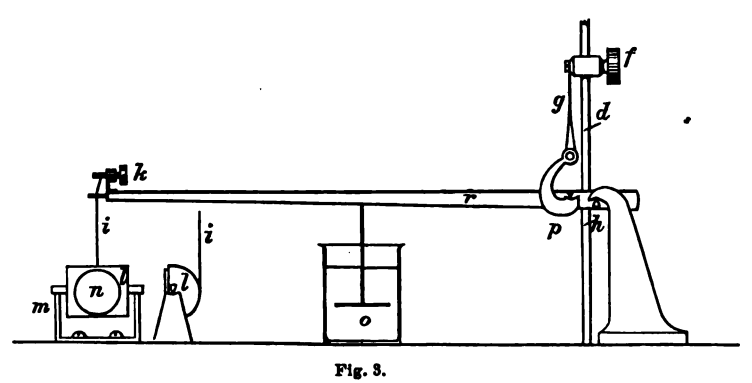


Fig. 3.

durch Zugkräfte von verschiedener Grösse beansprucht wurden. Um den Einfluss magnetischer Erschütterungen zu studiren, wurden die Eisenstäbe während der Versuche dem Einfluss von Wechselströmen ausgesetzt; und zwar wurden dieselben entweder durch eine Spule geleitet, die im Innern der Spule A (Fig. 1) angebracht war, oder sie durchflossen den Eisenstab selbst.

Die Resultate, die mit denen früherer Beobachter gut übereinstimmen, sind in mehreren Tabellen und Kurventafeln wiedergegeben. Danach zeigt sich bei sämmtlichen Versuchen

ein durchgehender Parallelismus zwischen Magnetisirung und Längenänderung. Charakteristische Aenderungen der einen sind stets von genau entsprechenden charakteristischen Aenderungen der anderen begleitet.

Auf Grund dieser Resultate bildet sich der Verfasser eine neue Vorstellung über die Gestalt und den Aufbau der Moleküle in einer magnetisirbaren Substanz. Wenn es auch möglich ist, auf dem vom Verfasser eingeschlagenen Weg die gefundenen Erscheinungen zu erklären, so theilt seine Theorie doch den Mangel aller Molekulartheorien, dass die Grundannahmen, von denen sie ausgehen, unkontrolirbar sind. Dazu kommt, dass die in diesem Fall gemachten Annahmen etwas gewagt erscheinen. „Nimmt man für weiches Eisen an, die Moleküle seien Rotationsellipsoide, deren Rotationsachse zwischen einem Werthe grösser und kleiner als die Nebenachse schwankte und die Richtung des Magnetismus fiele mit der Rotationsachse zusammen", so kann man daraus — unter der nicht ausgesprochenen Annahme, dass die eine Molekülart ein andres magnetisches Moment besitzt als die andre — die Verlängerung bezw. Verkürzung erklären. *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

B. Weinstein, Physik und Chemie. Gemeinfassliche Darstellung ihrer Erscheinungen und Lehren. VIII, 427 S. mit 34 Fig. Berlin, J. Springer 1898. Preis 4 M.

Das recht anregende Buch ist für weitere Kreise des Volkes bestimmt und will ihnen die experimentellen und theoretischen Ergebnisse der wichtigeren physikalischen und chemischen Forschungen unter Verzicht auf jedes mathematische Hülfsmittel zum Verständniss bringen. Die Auswahl des Stoffes ist im Ganzen geschickt getroffen, nur an wenigen Stellen ist es strittig, ob zu viel oder zu wenig Kenntnisse bei dem Durchschnittsleser vorausgesetzt wurden. Dem Verfasser liegt weniger daran, die Wege anzugeben, auf denen unser heutiges Wissen erworben wurde, als den Inhalt und den Umfang unserer gegenwärtigen Naturerkenntniss darzustellen und zu einer gesammten Naturanschauung zu verarbeiten. Am kürzesten kennzeichnet man die Eigenart des Werkchens, indem man es nicht als eine theoretische, sondern als eine dogmatische Physik und Chemie bezeichnet, zumal der Verfasser den Fetischismus, um mit Mach zu reden, innerlich noch nicht ganz überwunden hat. Die im Ganzen klare und scharfe Darstellung des Buches leidet an einigen Stellen unter der sprachlichen Unbeholfenheit des gelehrten Verfassers. *H. H.-M.*

Bebber, Die Wettervorhersage. Im Auftrage der Direktion der deutschen Seewarte bearbeitet. gr. 8°. 219 S. m. 125 Abbildungen. Stuttgart 1898. Geb. in Leinw. 5,00 M.

Lee u. Mayer, Grundzüge der mikroskopischen Technik f. Zoologen u. Anatomen. gr. 8°. IX, 470 S. Berlin, Friedländer & Sohn. 15,00 M.

Schweiger-Lerchenfeld, Atlas der Himmelskunde auf Grundlage der Ergebnisse der coelestischen Photographie. Lieferung 24—30, 15 Tafeln m. Text. Jede Lieferung 1,00 M.

Das jetzt vollständige Werk, 62 Tafeln m. Text, 265 S. m. 500 Abbildungen 30,00 M; geb. in Leinw. 40,00 M.

Gallenmüller, Elemente der mathematischen Geographie u. Astronomie. 3. Aufl. gr. 8°, VIII, 180 S. m. 1 Sternkarte. Regensburg 1898. 1,70 M.

Reed, Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Brechung u. Dispersion einiger Gläser und Krystalle. gr. 8°. 52 S. m. 1 Tafel. Jena 1897. 2,00 M.

Veröffentlichungen des königl. preuss. meteorologischen Instituts. Hrsg. v. Dir. Bezold. Ergebnisse der meteorolog. Beobachtungen in Potsdam im J. 1896. gr. 4°. 119 S. m. 9 Fig. u. 1 Tafel; geb. in Leinw. 9,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. H. **Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. A. **Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. E. **Abbe**, Dr. H. **Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVIII. Jahrgang. **Oktober 1898.** Zehntes Heft.

Ueber relative Schwerebestimmungen.

Von
K. R. Koch in Stuttgart.

I. Eine Aufhängungsvorrichtung des Pendels, die keine Mitschwingungen ausführt.

Als im Jahre 1895 an mich die Aufgabe trat, für das Königreich Württemberg die Schweremessungen auszuführen, kam hierfür natürlich nur der v. Sterneck'sche Pendelapparat, dessen Konstruktion ich als bekannt voraussetze, in Betracht. Eine Fehlerquelle für die Genauigkeit der Beobachtung bildet das Mitschwingen der Unterlage, und m. E. ist eine möglichst vollständige Elimination dieser Fehlerquelle ihrer Berechnung vorzuziehen; ich versuchte deshalb, eine Aufhängevorrichtung für das Pendel zu finden, die sich der schwingenden Pendelmasse gegenüber so vollkommen stabil erweist, dass der Einfluss des Mitschwingens der Unterlage verschwindet.

Nach vielen vergeblichen Versuchen glaube ich die nachfolgende Konstruktion als die zweckentsprechendste bezeichnen zu können.

Quer übers Eck zweier zusammenstossender Fundamentwände *MM* (Fig. 1) eines Hauses ist ein eiserner ⊓-förmiger Balken von 60 × 12 × 5,5 *cm* auf etwa 20 *cm* in die Wand so gut wie möglich horizontal mit Zement eingemauert; derselbe ist bei *A* durchbrochen zur Einführung des Pendels und auf ihm durch Druck- und Zugschrauben eine 2,5 *cm* dicke[1]) Platte *C* befestigt, die der Achatplatte, auf der das Pendel seine Schwingungen ausführt, als Unterlage dient; durch festes Anziehen der Schrauben kann *C* unbeweglich fest mit *B* verbunden werden, bei *E* ist das Fadenpendel *F* festgeklemmt.

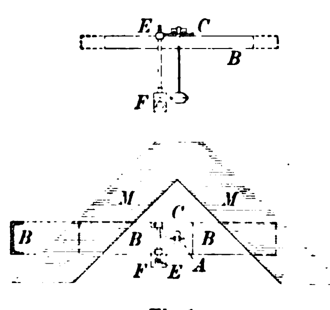


Fig. 1.

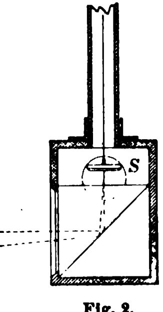


Fig. 2.

Das von mir für alle diese Untersuchungen benutzte Fadenpendel ist etwas anders konstruirt als die sonst gebräuchlichen; während bei diesen die Schwingungen durch mikroskopische Beobachtung des Fadens festgestellt werden, erreichte ich eine, wie ich glaube, grössere Genauigkeit vermittelst folgender Spiegelmethode.

Als Gewicht des Fadenpendels dient ein mit seiner spiegelnden Fläche horizontal aufgehängter leichter Spiegel *S* (Fig. 2), der über einem Reflexionsprisma schwingt; in einer Entfernung von etwa 3 bis 4 *m* befindet sich eine vertikale Skale und ein Beobachtungsfernrohr. Ist der Kokonfaden austordirt, was im Laufe einiger Stunden

[1]) so, dass ein merkliches Verziehen durch das Festschrauben nicht eintreten kann.

gewöhnlich der Fall ist, so fallen die Drehungen um eine vertikale Achse fort und es finden nur Schwingungen um den Aufhängepunkt, also nur Pendelungen statt. Das Fadenpendel ist fest mit der Unterlage des Hauptpendels verbunden; tritt nun beim Schwingen des letzteren ein Mitschwingen der Unterlage ein, so geräth das Fadenpendel ebenfalls in Schwingungen, deren Amplituden an der Skale abgelesen werden können. Die Genauigkeit ist natürlich abhängig von der Entfernung von Spiegel und Skale und der optischen Güte des angewandten Spiegels, Prismas und Fernrohres; dieselbe betrug bei meinen Apparaten 1,5″ bis 2″, d. h. eine Verlegung der Spiegelnormale um diesen Betrag war noch wahrzunehmen.

Während nun bei der Verbindung des Fadenpendels mit dem v. Sterneck'schen Pendelstativ, das auf einem transportablen Steinpfeiler aufgestellt war, am Fadenpendel Amplituden von 40″ und mehr beobachtet wurden, war an der oben beschriebenen Eckkonsole eine Bewegung der gespiegelten Skale überhaupt nicht bemerkbar.

Die Schwingungen des Fadenpendels erfolgen nun nicht nur in der zur Schwingungsebene des Hauptpendels parallelen Ebene, sondern es treten elliptische Schwingungen auf, deren Hauptachse allerdings nahe mit jener Schwingungsebene zusammenfällt. Leicht lässt sich dies auch objektiv in folgender Weise sichtbar machen. Lässt man das Licht einer starken Lichtquelle z. B. einer Bogenlampe, deren Strahlen durch eine Linse parallel gemacht sind, aus einer etwa 3 *mm* grossen Blendenöffnung austreten und auf den Spiegel des Fadenpendels fallen, von dem sie reflektirt werden und auf eine Linse von 2 bis 3 *m* grosser Brennweite treffen, so entsteht auf einem in passender Entfernung aufgestellten Schirm ein scharfes verkleinertes Bild der Blendenöffnung. Schwingt jetzt das Fadenpendel, so beschreibt der Lichtpunkt auf dem Schirm grosse Kurven, die über die Art der Schwingung Auskunft geben.

In dieser Form bildet das Fadenpendel offenbar ein empfindliches einfaches Seismometer, wenn man den Schirm durch eine vermittelst eines Uhrwerks bewegte lichtempfindliche Platte ersetzen würde; übrigens ist ein Instrument, das auf demselben Prinzip beruht, bereits von anderer Seite konstruirt.

II. Die Zeitübertragung zur Feldstation durch direkte Benutzung der Normaluhr auf der Zentralstation.

Wenn die Beobachtung nicht direkt mit einer Normaluhr, deren Gang gleichmässig ist, und deren Sekundenkontakt speziell auch gleiche Sekunden liefert, ausgeführt wird, sondern, wie es gewöhnlich geschieht, mit einer Hülfsuhr (Chronometer mit elektrischer Kontaktvorrichtung oder Halbsekundenpendeluhr ohne Kompensation), so steht zu befürchten, dass wegen des veränderlichen Ganges derartiger Uhren sowohl die Bestimmung der Koïnzidenzen ungenau als auch die Korrektion wegen des Uhrganges unsicher wird.

Von Hrn. Helmert ist deshalb auch in seiner Anweisung für die Pendelmessung[1]) bestimmt worden, dass die Beobachtungen „zwischen zwei Zeitbestimmungen wiederholt in gleichen Intervallen, am besten während 24 Stunden alle 2 Stunden ein Pendel $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunden lang“ angestellt werden. Um einen Begriff von der Grösse dieser Fehlerquelle zu erhalten, habe ich zwei Uhren, eine Halbsekundenpendeluhr und ein Chronometer, untersucht; beide zeigten im Vergleich mit einer Hipp'schen Pendeluhr mit Riefler'schem Pendel sowohl erhebliche Sprünge im Werthe der einzelnen Sekunde, als auch einen sich von Minute zu Minute ändernden Gang.

[1]) Bestimmung der Polhöhe und Intensität der Schwerkraft auf 22 Stationen u. s. w. *S. 11.* Berlin 1896.

Es ist hierbei gleichgültig, ob wirklich der Gang der Uhr selbst in dieser Weise veränderlich ist oder diese Schwankungen im Gange nur etwa von einer mangelhaften elektrischen Kontaktvorrichtung herrühren, da ja die Koïnzidenzen vermittelst des Koïnzidenzapparates immer auf elektromagnetischem Wege beobachtet werden. Dass die Hipp'sche Pendeluhr einen normalen Gang besass, liess sich mittels eines schwingenden v. Sterneck'schen Pendels leicht nachweisen; die Schwingungen eines solchen sind jedenfalls vollkommen isochron. Treibt nun die Hipp'sche Pendeluhr den Koïnzidenzapparat, so muss bei vollkommenem Isochronismus der Pendelschwingungen der Uhr sowie der durch sie bewirkten Unterbrechungen des Stromes ein gleichmässiges Wandern des Lichtblitzes eintreten, das sich in einem passend aufgestellten Fernrohr mit Okularmikrometer recht genau beobachten lässt; die Beobachtung ergab für die Hipp'sche Pendeluhr einen vollkommenen Isochronismus. Die erwähnte Halbsekundenpendeluhr, die für die Schweremessungen angeschafft war, zeigte einen solch unregelmässigen Gang, dass sie überhaupt hier ausser Betracht bleiben mag. Die folgenden Beobachtungen beziehen sich auf ein Chronometer mit elektrischer Sekundenkontaktvorrichtung.

Die Untersuchungen wurden nach zwei Methoden ausgeführt. Benutzt wurde bei der ersten Methode einer der bekannten elektromagnetischen Doppelschreiber, nachdem derselbe in folgender Weise justirt war. Zunächst wurde nur die eine Uhr (und zwar die Hipp'sche Pendeluhr) in den Stromkreis des Doppelschreibers (in dem beide Elektromagnete sich *hintereinander* befanden) eingeschaltet und an den Federn der beiden Schreibhebel die Federspannung so lange geändert, bis die beiden in jeder zweiten Sekunde entstehenden Kontaktpunkte (die Hipp'sche Pendeluhr unterbricht nur jede zweite Sekunde den Kontakt) auf derselben Normale zur Längsbewegungsrichtung des Streifens liegen; darauf wird die Hipp'sche Uhr mit dem Stromkreis des einen Elektromagneten, die zu vergleichende mit dem des andern Elektromagneten verbunden; man erhält dann auf den gegenüberliegenden Seiten des Streifens die Markirungen der Sekunden der beiden Uhren und kann aus den Abständen der entstehenden Punkte in bekannter Weise auf die Differenz im Gang der beiden Uhren schliessen.

Ich greife aus den zahlreichen Versuchen einige beliebige heraus. Die Zahlen geben in Tausendtel Sekunden das Zeitintervall an zwischen dem Beginn der Sekunde nach der Hipp'schen Pendeluhr und nach dem Chronometer.

A. Sprünge im Werth der einzelnen Sekunde des Chronometers.

Hipp'sche Uhr	Chronometer	Hipp'sche Uhr	Chronometer
$0^h\,5^m\,2^s$	600	$0^h\,5^m\,32^s$	582
4	616	34	612
6	616	36	598
8	600	38	586
10	614	40	604
12	688	42	604
14	603	44	564
16	600	46	604
18	620	48	574
20	616	50	600
22	612	52	628
24	620	54	560
26	592	56	574
28	514	58	638
30	610	$0^h\,6^m\,0$	688

B. Aenderungen des Ganges des Chronometers. Die Zahlen, die wieder in Tausendtel Sekunden angegeben sind, wurden in der Weise erhalten, dass zu den angegebenen Zeiten je etwa 20 Sekunden lang beide Uhren ihre Sekunden aufzeichneten; aus den so erhaltenen 10 Werthen wurde alsdann das Mittel gebildet.

Zeit	Chronometer
$8^h\ 40^m\ 10^s$	605
$8^h\ 45^m\ 10^s$	601
$8^h\ 50^m\ 10^s$	615
$8^h\ 55^m\ 10^s$	613

Zeit	Chronometer		
$4^h\ 40^m\ 10^s$	52	grösster Werth	65
		kleinster „	39
$4^h\ 47^m\ 10^s$	41	grösster Werth	57
		kleinster „	23
$4^h\ 55^m\ 10^s$	51	grösster Werth	61
		kleinster „	39
$5^h\ 2^m\ 10^s$	31	grösster Werth	51
		kleinster „	23
$5^h\ 10^m\ 10^s$	50	grösster Werth	61
		kleinster „	39

Wäre der Gang der Uhren gleichmässig, so sollten die in der Spalte „Chronometer“ gegebenen Zahlen sich regelmässig ändern; dies geschieht jedoch nicht. Wie aus den Tabellen hervorgeht, ist die Gangänderung nicht regelmässig, von Sekunde zu Sekunde sogar sprungförmig und beträgt häufig mehr als $^1/_{100}$ Sekunde. Wie nun eine einfache Rechnung ergiebt, sollte für eine anzustrebende Genauigkeit der Schwingungsdauer von 10 bis 20 Einheiten der 7. Dezimale der Werth der Koïnzidenz auf $^1/_{100}$ Sekunde genau, und der stündliche Gang der Beobachtungsuhr ebenfalls auf $^1/_{100}$ Sekunde genau bekannnt sein, Forderungen, denen das sonst an sich gut gehende Chronometer nicht genügen kann.

Die zweite der angewandten Methoden gestattet eine noch grössere Genauigkeit und zeigt unmittelbar für jede Sekunde die etwaige Aenderung ihres Werthes. An der Achse des Ankers der Hipp'schen Pendeluhr ist in Aluminiumfassung ein leichtes Spiegelchen befestigt; auf dieses ist das Fernrohr des Koïnzidenzapparates gerichtet, der durch die mit der Normaluhr zu vergleichende Uhr in Thätigkeit versetzt wird. Gingen beide Uhren genau synchron, so würde sich der Lichtblitz immer an der gleichen Stelle im Gesichtsfeld befinden; eilt die eine voran oder ändert sich der Gang stetig, so wird ein langsameres oder schnelleres, jedoch gleichmässiges Wandern des Lichtblitzes stattfinden; stimmen jedoch die Werthe der einzelnen Sekunden der zu vergleichenden Uhr nicht miteinander überein, so wird ein sprungförmiges Wandern beobachtet werden. Die beiden untersuchten Uhren zeigten häufig ein Hin- und Herspringen des Lichtblitzes. Wie schon erwähnt, braucht dies nicht an einem schlechten Gang der Uhr zu liegen, sondern kann in einer Unvollkommenheit der elektrischen Kontaktvorrichtung begründet sein. Man könnte vielleicht auch der Meinung sein, dass möglichenfalls die Uhr überhaupt nicht an dieser Unregelmässigkeit schuld sei, sondern dass die Verzögerung, die durch den Elektromagneten des Koïnzidenzapparates und das nothwendige Inbewegungsetzen schwerer Massen hervorgerufen wird,

zu verschiedenen Zeiten verschieden wäre. Leicht lässt sich dieser Einwurf dadurch widerlegen, dass man folgende Methode, ich möchte sie „Selbstkoïnzidenzmethode" nennen, anwendet: man lässt den Koïnzidenzapparat durch die Uhr selbst treiben, auf deren Pendelspiegel man das Fernrohr des Koïnzidenzapparates gerichtet hat. Der Lichtblitz muss dann immer an derselben Stelle des Gesichtsfeldes erscheinen, wenn die durch den Elektromagneten des Koïnzidenzapparates hervorgerufene Verzögerung konstant ist, wenn also das kleine Zeitintervall zwischen der Auslösung des Kontaktes an der Uhr und dem Abreissen des Ankers des Elektromagneten immer das gleiche ist. Hierbei ist vorausgesetzt, dass der Kontakt immer bei derselben Schwingungsphase des Pendels erfolgt; das Feststehen des Lichtblitzes giebt mithin auch eine Gewähr für das taktmässige Funktioniren des Kontaktes. Bei dem Versuch mit der Hipp'schen Uhr blieb der Lichtblitz auf 0,1 bis 0,2 Theile des Okularmikrometers (etwa 6 bis 12 Bogensekunden entsprechend)[1]) in konstanter Lage.

Ich habe nach dieser Methode Uhren mit sehr verschiedenen elektrischen Kontaktvorrichtungen untersucht und bisher gefunden, dass die bei den Uhren, welche dem v. Sterneck'schen Pendelapparat beigegeben werden, angewandte Kontaktvorrichtung bei weitem am besten die Bedingung erfüllt, den Kontakt nahezu immer zur gleichen Schwingungsphase auszulösen.

Aus diesen Beobachtungen und Erwägungen scheint mir nun nothwendig zu folgen, dass die Benutzung von Hülfsuhren auf der Feldstation, die etwa nur zweimal täglich durch telegraphische Signale von der Zentralstation aus auf ihren Gang kontrolirt werden, die Genauigkeit der Messung der Schwingungsdauer herabdrückt, dass es mithin am besten wäre, die Uhren auf der Feldstation gänzlich auszuscheiden und die Sekunde der Normaluhr direkt nach der Feldstation zu übertragen und zum Treiben des Koïnzidenzapparates zu benutzen.

Beobachtungen, die ich getrennt von der Normaluhr in einem anderen Zimmer des Instituts ausführte, zeigten zunächst, dass das Zählen der Koïnzidenzen bezw. die Feststellung des Zeitpunktes jeder Koïnzidenz gut mittels einer Hülfsuhr, also beispielsweise durch ein Chronometer, das mit der Normaluhr nahezu gleichen Gang hat, geschehen kann, an dem nur die Stunden, Minuten und ganzen Sekunden abgelesen werden.

Die Uebermittlung der Sekunde von der Normaluhr aus kann nun natürlich nicht so geschehen, dass durch Vermehrung der Elemente der galvanischen Batterie, die den Koïnzidenzapparat treibt, die elektromotorische Kraft im Stromkreise verstärkt und damit der Widerstand der Leitung überwunden würde; hierdurch müsste wegen der nicht zu vermeidenden Funken beim Oeffnen des Stromes der Kontakt an der Uhr bald zerstört werden. Ich habe deshalb zwei passende Relais eingeschaltet, durch die es möglich ist, mit äusserst schwachen Strömen zu arbeiten.

Man wird nun gegen diese Methode mit Recht den Einwand erheben, dass durch Einschaltung der Relais vielleicht eine unkontrolirbare Grösse eingeführt würde; denn jeder der eingeschalteten Elektromagnete der Relais wird für sich eine Verzögerung des übermittelten Signals (also hier der Sekunde) hervorrufen. Es ist mithin eine Untersuchung darüber nothwendig, ob diese Verzögerung durch die Relais eine unveränderliche Grösse ist. Nur in dem Falle, dass diese Verzögerung konstant erhalten werden kann, wird die Methode brauchbar sein. Um dies zu untersuchen, verfuhr ich unter Benutzung der oben beschriebenen Selbstkoïnzidenzmethode folgendermaassen.

---

[1]) Vgl. *S. 298.*

Auf den Spiegel an der Ankerachse der Normaluhr war das (mit Okularmikrometer versehene) Fernrohr des Koïnzidenzapparates gerichtet und derselbe zunächst in gewöhnlicher Weise, also durch die Normaluhr direkt getrieben; es erschien dann der Lichtblitz bei einem gewissen Theilstrich des Okularmikrometers; darauf wurden die Drahtverbindungen in der Weise geändert, dass die Normaluhr das erste Relais unter Vorschaltung von 4000 bis 6000 *Ohm* in Thätigkeit versetzte; von diesem Relais aus wurde der Strom mehrerer Akkumulatoren durch einen die Linienleitung ersetzenden Widerstand (bis zu 4000 *Ohm*, einer Entfernung zweier Stationen bis zu etwa 400 *km* entsprechend) und durch das zweite Relais geschlossen, welch letzteres dann seinerseits den Strom eines Elementes öffnete und schloss, in den der Koïnzidenzapparat eingeschaltet war, der hierdurch also im Sekundentakte der Normaluhr — wenn meine Voraussetzungen zutreffend waren — arbeiten würde. Es zeigte sich bei dieser Umschaltung (durch einen Kommutator konnte durch einfaches Umlegen eines Bügels die Schaltung so gemacht werden, dass entweder die Normaluhr direkt oder durch Zwischenschaltung der Relais und des Linienwiderstandes den Koïnzidenzapparat in Thätigkeit versetzte) eine *konstante* Verschiebung des Lichtblitzes um etwa 3 Theilstriche des Okularmikrometers. Da 1 Theilstrich einem Winkel von ungefähr 58″ entspricht, 3 Theilstriche also 174″, die Amplitude der Pendeluhrschwingung in 1 Zeitsekunde jedoch 4020″, so entspricht die Verschiebung des Lichtblitzes um 3 Theilstriche einer Verzögerung von 0,043 Zeitsekunden; um diesen Betrag kommt also durch die Einschaltung der beiden Relais das Sekundensignal der Normaluhr im Koïnzidenzapparat später an. Die Genauigkeit dieser Selbstkoïnzidenzmethode ist ausserordentlich gross, da man leicht auf 0,1 Theilstrich schätzen kann; es lässt sich also auf 0,0014 Zeitsekunden genau ein etwaiges Schwanken des Einflusses der Relais feststellen. Die Beobachtungen ergaben nun (ich habe tagelang derartige Beobachtungen durchgeführt), dass dieser Einfluss vollkommen konstant ist, solange an der Federspannung des Relais nichts geändert wird; sowie man jedoch eine solche Aenderung vornimmt, erfolgt auch eine Verlegung des Lichtblitzes gegen das Okularmikrometer, also eine Variation der Verzögerungskonstante.

Es liegt nun die Befürchtung nahe, dass durch eine Aenderung der Temperatur in der Umgebung des Relais eine Aenderung der Federspannung und damit der Verzögerungskonstante hervorgerufen werden könnte. Es wurde deshalb die Temperatur des Relais um 40° bis 50° erhöht; eine Verlegung des Lichtblitzes gegen das Okularmikrometer war jedoch nicht wahrzunehmen, man ist also sicher, dass selbst Variationen der Temperatur um 40° bis 50° eine Aenderung im Werthe der übermittelten Sekunde, die grösser als 0,001 Sekunde ist, *nicht* erzeugen können.

Es fragte sich nun, ob sich diese im Laboratorium ausgearbeitete Methode in der Praxis bewährte. Durch das grosse Entgegenkommen der k. württembergischen Generaldirektion der Posten und Telegraphen ist mir gestattet worden, die mit metallischer Rückleitung versehenen Telephonleitungen für den Fernverkehr nach Schluss der Dienststunden, also von 9^h p.m. bis 7^h a.m. auf allen Telephonstationen im Lande Württemberg für die Zwecke der Schweremessungen zu benutzen.

Es wurde deshalb z. B. am 21./22. Mai d. J. vom physikalischen Institut in Stuttgart aus eine Schleifenleitung über Ulm nach dem physikalischen Institut zurück hergestellt, indem die telephonische Hin- und Rückleitung in Ulm miteinander verbunden wurden. Der Widerstand dieser Linienleitung wurde zu 985 *Ohm* bestimmt. Das in Fig. 3 angegebene Schema erläutert die Schaltung und Anordnung.

U ist die Hipp'sche Pendeluhr, *P* das Riefler'sche Pendel derselben, *S* der

Spiegel an der Ankerachse, k der Kontakt, E_1 das Element, W der 4000 bis 6000 *Ohm* betragende, zur Vermeidung der Funken eingeschaltete induktionsfreie Widerstand, R_1 das erste Relais, B die Linienbatterie bestehend aus 4 bis 6 Akkumulatoren, R_2 das zweite Relais, E_2 das Element für den Lokalstrom des Koïnzidenzapparates K.

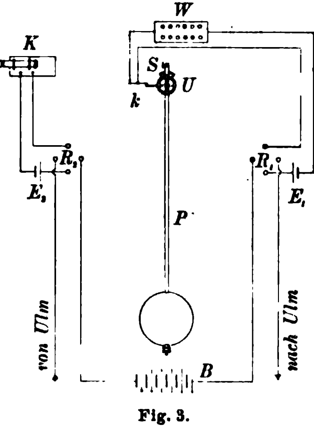


Fig. 3.

Es wurden Sätze von je 30 Beobachtungen gemacht; die mittlere Lage des Lichtblitzes ergab sich bei Beobachtung ohne Relais, also direktem Betrieb des Koïnzidenzapparates durch die Normaluhr bei Theilstrich 62,91 mit einem mittleren Fehler von ± 0,020. Alsdann wurden mehrere Sätze mit eingeschalteten Relais und Linienleitung ausgeführt; die Lage des Lichtblitzes war jetzt im Mittel aus je 30 Beobachtungen bei Theilstrich 60,065 mit einem mittleren Fehler von ± 0,015 Theilstrichen.

Es ergiebt sich hieraus, dass eine Beeinträchtigung der Genauigkeit durch die Einschaltung der Relais auch bei Benutzung einer wirklichen Linienleitung nicht eintritt.

In jener Beobachtungsnacht war häufiges Wetterleuchten wahrzunehmen; ein an die geöffnete Linienleitung angelegtes andererseits zur Erde abgeleitetes Telephon zeigte starke elektrische Störungen an, trotzdem wurde kein falscher Sekundenschlag am Koïnzidenzapparat bemerkt. Der Grund hierfür liegt offenbar darin, dass die Hin- und Rückleitung der Linie Stuttgart-Ulm metallisch ist und aus zwei auf der ganzen Strecke parallel laufenden Drähten besteht, in denen sich die Induktionswirkungen aufhoben.

Es wurden auch Pendelbeobachtungen selbst auf diesem Wege mit Leitung über Ulm ausgeführt. Acht Beobachtungsreihen ergaben als Werth der Schwingungsdauer in Sternzeitsekunden

$$0{,}507\,9358 \pm 0{,}000\,0006.$$

Die grösste Abweichung betrug nicht mehr als 15 Einheiten der siebenten Dezimale. Hiermit scheint mir die Brauchbarkeit der Methode erwiesen zu sein.

Die für Württemberg geplanten Pendelmessungen sollen nun in der Weise ausgeführt werden, dass die Hipp'sche nach mittlerer Zeit regulirte, mit Riefler'schem Pendel versehene Pendeluhr durch die Relais den Koïnzidenzapparat auf den Feldstationen in Thätigkeit setzen wird; zugleich wird sie mittels eines zweiten Relais, das mit dem ersten in demselben Stromkreis liegt, einen Koïnzidenzapparat auf der Hauptstation treiben, dessen Fernrohr auf den Pendelspiegel einer zweiten noch zu beschaffenden Normaluhr von Kutter gerichtet ist; irgend welche Unregelmässigkeiten des Ganges der beiden Uhren werden sich sofort mit $^1/_{1000}$ Sek. Genauigkeit durch eine Verlegung des Lichtblitzes im Gesichtsfeld des Fernrohres bemerkbar machen. Da Haupt- und Feldstation telephonisch verbunden sind, so kann der Beobachter auf der Feldstation jeweils den auf der Hauptstation befindlichen benachrichtigen, wann die Pendelbeobachtung beginnt, und kann der Beobachter auf der Hauptstation während dieser Zeit die Kontrole der beiden Uhren vornehmen. Zeigen sich grössere Schwankungen in den Werthen der Sekunde, so kann die Beobachtung verworfen, telephonisch sofort eine Verständigung herbeigeführt und eine Wiederholung der Beobachtung vorgenommen werden. Ausserdem wird durch einfaches Umschalten auf der Hauptstation in jeder Stunde wenigstens einmal eine Untersuchung des Standes der Hipp-Riefler'schen Uhr gegen die von Kutter in der

oben[1]) angegebenen Weise mit dem Doppelschreiber je 20 Sekunden lang stattfinden, sowie täglich zweimal nach derselben Methode eine Vergleichung der Kutter'schen und Hipp-Riefler'schen Uhr mit der im geodätischen Institut befindlichen Riefler'-schen Uhr, die nach Sternzeit regulirt ist.

Ich glaube, dass durch diese, wie mir scheint, einwurfsfreie direkte Benutzung einer Normaluhr die Genauigkeit der Messungen zumal bei Benutzung einer Suspensionsvorrichtung des Pendels, die frei vom Mitschwingen ist, bedeutend grösser werden kann, als es nach den gewöhnlichen Methoden bisher der Fall war.

III. Experimentelle Untersuchungen über die Veränderlichkeit der Pendel.

Die Zuverlässigkeit der nach der v. Sterneck'schen Methode erhaltenen Resultate beruht bekanntlich auf der Unveränderlichkeit der Pendel. Schon seit längerer Zeit sind Beobachtungen über Kontraktionserscheinungen an den Pendeln des v. Sterneck'schen Apparates gemacht, man hat sogar den Einfluss dieser regulären Aenderungen bei den Schweremessungen zu berechnen versucht. Offenbar hat man es hierbei mit einer Art elastischer Nachwirkungserscheinung zu thun, die sich möglicherweise unter bestimmten Verhältnissen mit Erscheinungen der Plastizität fester Körper vergesellschaften können, wie sie bei lang einwirkenden Kräften auftreten. Die Pendellänge an einem gewissen Zeitpunkt wird dann abhängig von den Kräften sein, die vorher auf das Pendel gewirkt haben, ähnlich wie die Lage des Nullpunktes eines Thermometers abhängig ist von den Temperaturen, denen dasselbe vorher ausgesetzt war. Die Vermuthung wird durch Versuche mit dem Pendel Nr. 77 bestätigt.

Als ich dies Pendel, nachdem es während eines Monats *hängend* aufbewahrt war, wiederum beobachtete, zeigte sich eine Zunahme der Schwingungsdauer. Die Beobachtungen begannen, nachdem bis dahin das Pendel wie gewöhnlich liegend in seinem Etui aufbewahrt war, am 4. Dez. 1895; es änderte sich die Schwingungsdauer des von da ab hängend aufbewahrten Pendels im Verlaufe eines Monats kontinuirlich folgendermaassen:

1895 Dez. 4.	Schwingungs-Dauer in Sternzeit	= 0,508 0023,
1895 Dez. 13.	„ „	= 0,508 0050,
1896 Jan. 4.	„ „	= 0,508 0072;

die Zahlen sind die Mittelwerthe aus je vier hintereinander angestellten Versuchen.

Darauf wurde das Pendel bis zum 9. Januar in seinem Etui liegend und von da ab bis zum 25. Februar 1896 umgekehrt *stehend* (die Pendellinse nach oben ruhend auf dem Rücken der Achatschneide) aufbewahrt. Es ergab sich eine konstante Abnahme bis zu

1896 Febr. 25. Schwingungs-Dauer in Sternzeit = 0,507 9958,

entprechend einer Verkürzung des Pendels.

Wenn man nun nicht etwa annehmen will, dass es sich bei diesen Verlängerungen und Verkürzungen nur um relative Aenderungen der Lage der Achatschneide in ihrer Fassung handelt, so scheint mir aus diesen Versuchen zu folgen, dass die Pendellänge und damit die Schwingungsdauer eine Funktion der vorhergehenden Behandlung des Pendels ist, sodass eine gewisse Vorsicht hierin am Platze zu sein scheint. Ob demnach eine Vorausberechnung der Aenderung der Schwingungsdauer allgemein statthaft ist, möchte hiernach zweifelhaft erscheinen.

Versuche über etwaige Nachwirkungserscheinungen durch thermische Ausdehnung sind noch nicht abgeschlossen.

Stuttgart, Physikal. Institut der Techn. Hochschule, 31. Juli 1898.

---

[1]) Vgl. oben *S. 295*.

Theorie des Mikroskopes

auf Grund der Formeln für die Theorie des Fernrohres.

Von

Karl Strehl, K. Gymnasiallehrer zu Erlangen.

Die Theorie des Mikroskopes nach Abbe steht gegenwärtig wieder im Brennpunkt theoretischen und praktischen Interesses. So hat einerseits Rayleigh in einer interessanten Abhandlung *„On the Theory of Optical Images, with Special Reference to the Microscope“* (*Phil. Mag. 42. S. 167. 1896*), über welche unlängst referirt wurde (*diese Zeitschr. 17. S. 156. 1897*) das Problem von einem anderen Gesichtspunkt aus behandelt. Wie nämlich Abbe das Zusammenwirken beleuchteter Linienreihen in der hinteren Brennebene des Objektivs (der Bildebene der unendlich fernen Lichtquelle) bei Beleuchtung durch senkrecht oder schief zur Hauptachse einfallende ebene Wellen zunächst, und sodann das Zusammenwirken der aus dieser Betrachtung erhaltenen Beugungsspektra in der Bildebene des Objektivs untersucht, so bestimmt Rayleigh das Zusammenwirken selbstleuchtender oder mit bestimmter Phasenverknüpfung (Phasengleichheit) beleuchteter Punktreihen oder Linienreihen bei rechteckiger oder kreisförmiger Oeffnung des Objektivs auf einmal direkt in der Bildebene des Objektivs, indem er nach der Theorie des Fernrohrs zunächst das Beugungsbild von *einem* Punkt oder *einer* Linie ableitet, und sodann über die Reihe der sich gegenseitig überschiebenden Beugungsbilder summirt. Wenn man dieses Integral durch eine Fourier'sche Reihe darstellt, dann erscheinen die einzelnen physikalischen Beugungsspektra nach Abbe als die einzelnen analytischen Glieder der Fourier'schen Reihe bei Rayleigh. Der Gesichtspunkt bei der formalen Behandlung ist also ein verschiedener; das materielle Ergebniss muss bei beiden Betrachtungsweisen das gleiche sein, insoweit wenigstens der Hypothese von den Elementarwellen physikalisch Allgemeingültigkeit zukommt. Immerhin hat das Verfahren von Abbe den Vorzug grösserer Anschaulichkeit.

Auf der andern Seite ist Lewis Wright in seiner Abhandlung *„Microscopic Images and Vision“* (*Phil. Mag. 45. S. 480. 1898*) der Meinung, dass die Beleuchtung nach Abbe mit ebenen Wellen (oder was auf das Gleiche herauskommt mit sehr engen Beleuchtungskegeln) zwar — eben infolge der Phasenverknüpfung (Phasengleichheit) — Beugungsbilder mit ausgeprägtem Wechsel von Hell und Dunkel, also sehr deutliche Bilder des Objekts hervorrufe, dass diese Beleuchtungsweise jedoch nur für solche feine Gitterstrukturen sich eigne, welche zugleich periodisch und regelmässig sind. Dagegen sei für feines unregelmässiges und unperiodisches Detail — insbesondere Bruchkonturen von Diatomeen sowie das eigentliche wirklich feinste Detail der Schalenstruktur — die Beleuchtung mit Halbkugelwellen (oder doch wenigstens sehr weiten Beleuchtungskegeln) nützlicher, welche nach seiner Ansicht das Objekt in einen Zustand versetzen, der dem des Selbstleuchtens in beugungstheoretischer Hinsicht nahe komme. Diese Ansicht vermag ich nicht unbedingt zu theilen. Das Objekt wird vielmehr nur dann dem Zustand des Selbstleuchtens genügend nahe kommen, wenn durch einen apochromatischen Kondensor — dessen numerische Apertur womöglich grösser ist als die des apochromatischen Beobachtungssystems — von einer selbstleuchtenden Fläche ein Bild in der Ebene des Objekts erzeugt wird. Denn — wie ich nachgewiesen habe — bestimmt sich die Grenze der Feinheit des auflösbaren Details im Objekt *zufällig* für selbstleuchtende Objekte in der nämlichen Weise wie für solche, die mit äusserst schief einfallenden ebenen Wellen

beleuchtet sind, und zwar nur aus der Wellenlänge und der numerischen Apertur. Für selbstleuchtende Objekte finde ich als Grenze $\varsigma = (2{,}95 : 2\pi) . (\lambda : n \sin\alpha)$; für äusserst schief beleuchtete Objekte folgt aus der Theorie von Abbe $\varsigma = \lambda : 2n\sin\alpha$; beide Werthe sind bis auf 6% einander gleich. Der von mir früher angegebene Werth $\varsigma = (3{,}20 : 2\pi) . (\lambda : n\sin\alpha)$ bezieht sich auf eine Empfindlichkeitsgrenze von 3% bis 4% für das beobachtende Auge. Die Bilder seien bei dieser Beleuchtungsweise zwar weniger deutlich (unter anderem auch, weil unter diesen Umständen die Zonenabweichungen der Mikroskopobjektive ungemein viel schädlicher seien — dies gebe ich zu), aber viel richtiger (ich glaube mich selbst früher gelegentlich einmal davon überzeugt zu haben, dass man mit sehr weiten Beleuchtungskegeln eine ausgezeichnete Auflösung des feinsten Details von Schmetterlingsschuppen bekommt; so viel scheint jedenfalls richtig zu sein, dass sehr weite Beleuchtungskegel *nicht allein* im Falle gefärbter vereinzelter Strukturelemente von Vortheil sind). Da ich aber die Theorie der Abbildung im Fernrohr schon behandelt habe — und auf diese läuft nach der vermeintlichen Ansicht des genannten Verfassers die Wirkung sehr weiter Beleuchtungskegel hinaus — so will ich mich hier mit seiner Abhandlung nicht weiter beschäftigen, ausgenommen, dass ich mich noch seinem irrthümlichen Ausspruch gegenüber rechtfertigen will, ich hätte mit Bezug auf *Mikroskopobjektive* gesagt: „*the influence of spherical aberration has been considerably over-rated in objectives*". Meine Studien bezogen sich, wo nicht ausdrücklich etwas anderes angegeben war, bisher stets nur auf *Fernrohrobjektive*, und hier halte ich alle meine Aussprüche aufrecht, denn sie gründen sich weder auf Meinungen noch Ansichten, sondern auf die strengen rechnerischen Ergebnisse einer Theorie, welche in erster Annäherung durch die Arbeiten von v. Lommel experimentell bestätigt ist.

Ich wende mich vielmehr zu der Untersuchung der Beleuchtungsweise nach Abbe. Hier könnte es zunächst sonderbar erscheinen, dass die für die Theorie des Fernrohrs maassgebenden Formeln auf die Theorie des Mikroskopes anwendbar sein sollen, von dem gerade die, welche eine tiefere Kenntniss seiner Wirkungsweise besitzen, stets behaupteten, dass dieselbe bei dem letzteren Instrument ganz anderer Natur sei als bei dem ersteren (das Mikroskop ist aber nicht etwa ein umgekehrtes Fernrohr, wie man oft so gern äussern hört). Allein Abbe selbst hat ja gezeigt, dass sich folgende Gleichung aufstellen lässt

Mikroskop = Lupe + Fernrohr.

Zwar meinte der Histologe Frey, in den früheren Auflagen seines Werkes wenigstens, mit dieser Zerlegung werde sich nicht viel ausrichten lassen. Ich bin gerade dabei, zu zeigen, dass sich mit dieser Zerlegung nicht nur sehr viel ausrichten lässt, sondern dass sie geradezu grundlegend ist. Freilich haben andere in anderer Weise — so z. B. Dippel, Czapski u. a. — dies schon früher gethan.

Den hinteren Theil des Strahlenverlaufes kann man also ansehen, als käme er aus einem Fernrohrobjektiv (damit eben ist nachgewiesen, dass das Mikroskop kein *umgekehrtes* Fernrohr sein kann); nur wirkt dieses hypothetische Fernrohrobjektiv nicht mit voller Oeffnung, diese ist vielmehr bis auf eine Reihe kleiner Fensterchen, welche den verschiedenen Beugungsspektren nach Abbe entsprechen, verdeckt. Diesen Fensterchen muss man — eben aus Gründen der von Abbe aufgestellten Theorie (weil bei weiterem Beleuchtungskegel die einzelnen Stellen des jeweiligen Beugungsspektrums — dieses nicht in *chromatischem* Sinn, sondern als *Bild* der *Lichtquelle* aufgefasst — nicht sowohl mit *kohärentem* als vielmehr mit *interferenzunfähigem* Lichte

leuchten, insofern man als Lichtquelle eine ausgedehnte selbstleuchtende Fläche nimmt) eine elementare Fläche dF zuschreiben.

Hier ist der Ort, möglichen Missverständnissen entgegenzuwirken. Die in obigem Sinne aufzufassenden Beugungsspektra haben bei monochromatischer Beleuchtung mit streng ebenen Wellen eine *punktförmige* Grösse nur dann, wenn die Anzahl und Länge der beugenden Linien im Gitter *unendlich* ist (somit auch die Länge und Breite des Gitters, was unmöglich ist). Im anderen und zwar allein möglichen Fall giebt es keine Auflösung in diskontinuirliche unendlich schmale Beugungsspektra, sondern nur eine Entwicklung in eine Beugungserscheinung mit intermittirenden Hauptmaxima (deren intensivste Stellen die vorbezeichneten „Beugungsspektra“ vertreten) und zahlreichen Nebenmaxima, welche man für gewöhnlich garnicht berücksichtigt. Ich nehme nun die Entwicklung der beleuchteten Gitterstruktur in eine (diskontinuirliche) Beugungserscheinung in erster Annäherung als gegeben an und betrachte es als eine Sache für sich, den Zusammenhang der Natur der Gitterstruktur und der Natur der Beugungserscheinung, welche das Bild des unendlich fernen Lichtpunktes in der hinteren Brennebene des Mikroskopobjektivs darstellt — diesen Lichtpunkt gesehen durch eben die Gitterstruktur — zu erforschen. Im Folgenden wollen wir jedoch stets unter Hauptmaximum die achromatische ungebeugte Mitte, unter Nebenmaxima die chromatischen seitlichen Stellen der diskontinuirlichen Beugungserscheinung verstehen.

Also braucht man, um monochromatische mikroskopische Bilder zu erzeugen, gar kein Mikroskop; es genügt, ein Fernrohr auf einen mit monochromatischem Licht leuchtenden Punkt einzustellen und das Objektiv bis auf ein grosses Loch — welches dem Hauptmaximum entspricht — und mehrere kleine Löcher — welche die Nebenmaxima darstellen — zu verdecken. Dementgegen wirkt ein solches Fernrohr anders wie ein Mikroskop, sobald die Gesammtheit der Wellenlängen berücksichtigt wird; denn in diesem Falle haben die Nebenmaxima vom Hauptmaximum beim Fernrohr konstante Abstände, im Mikroskop jedoch solche, welche zur Wellenlänge proportional sind. Ich gehe somit aus von der Wirkungsweise einer monochromatischen kugelförmigen oder anders gekrümmten Wellenfläche auf die räumliche Umgebung ihres Mittelpunkts, vorausgesetzt dass nur diskontinuirliche Partieen von elementarer Fläche in endlicher Anzahl zur Wirkung kommen; und nun ist es begreiflich, wieso die in meiner „Theorie des Fernrohrs“ aufgestellten Formeln in dem Zustand, in dem sie sich vor der Integration über die kontinuirliche Oeffnung des Objektivs befinden — an deren Stelle eben die Summirung über endlich viele diskontinuirliche Flächenelemente tritt — auch für die Theorie des Mikroskopes nach Abbe maassgebend sind. Ich beabsichtigte eine Vertiefung und Erweiterung der gekrönten Preisschrift von Dr. A. Eichhorn: „Bestimmung der Interferenzen von mehreren isochronen und in gleicher Phase schwingenden Lichtzentren“ (Jena, 1878); eine Vertiefung, denn Eichhorn nimmt die Beugungsspektra als in *einer* Ebene — statt wie in Wirklichkeit auf einer *Kugelfläche* — liegend an und untersucht ihr Zusammenwirken in einer sozusagen *unendlich fernen* Ebene, beschränkt sich also auf die Operation mit einem Fernrohrobjektiv von *unendlich kleiner* Oeffnung; er wählt sodann für das Verhältniss der Lichtstärke des Hauptmaximums zu der der Nebenmaxima (oder was dasselbe ist, der relativen Grösse ihrer Elementarfläche) numerische willkürliche Werthe, statt, wie im Folgenden geschehen soll, allgemeine Zahlenwerthe $i\,h\,k$; insbesondere behandelt er meist nur den Fall der Dunkelfeldbeleuchtung, wobei die Lichtstärke des Hauptmaximums 0 ist. Er nimmt endlich keine Rücksicht auf das Gesetz von der Erhaltung der Energie, während meine Formeln auch in dieser Beziehung streng

sind. Die Erweiterung liegt darin, dass ich mich nicht mit Eichhorn auf die *Bildebene* allein beschränke, sondern die *räumliche* Umgebung des Wellenmittelpunktes (praktisch gesprochen grössere oder kleinere Tubuslänge bezw. höhere oder tiefere Einstellung) in Rücksicht ziehe, sowie dass ich die Wirkung der sphärischen Aberration, des Astigmatismus, der Koma, von Zylinderwellen, den Unterschied von gerader und schiefer Beleuchtung und den Einfluss der chromatischen Aberration in den Bereich meiner Studie ziehe. Wenn dies gleichwohl alles nur an der Hand einiger weniger besonders einfacher und eben ihrer Einfachheit wegen wichtiger und interessanter Fälle geschieht, so ist daraus nicht etwa zu schliessen, dass die Behandlung anderer Fälle unmöglich wäre; sie ist nicht so sehr schwierig, als vielmehr langwierig. Diese Beschränkung musste gewählt werden, um die Arbeit nicht ungebührlich auszudehnen; ich will mich damit begnügen, im Prinzip gezeigt zu haben, wie diese Fragen behandelt werden können. Der Titel „Theorie des Mikroskopes" ist allerdings sehr umfassend; allein da eben das Wesen dieser Theorie in der Bilderzeugung ruht und da sich diese Studie mit dem Kernpunkt befasst, so mag er hierin seine Rechtfertigung finden.

Im Folgenden bedeutet wie früher r den variabelen bezw. $\mathfrak{r}$ den konstanten Halbmesser der Oeffnung — hier Fahrstrahl eines Beugungsspektrums; wenn φ die Brennweite der „Lupe" und $n \sin\alpha$ die dem Beugungsspektrum zugehörige numerische Apertur ist, dann ist bekanntlich $r = \varphi . n \sin\alpha$; ferner ist bald f bald p oder q die Brennweite — hier optische Tubuslänge, und ζ der Abstand des Bildpunktes von der Oeffnungsebene, mithin $\Delta = \zeta - f$ der Abstand des Bildpunktes von der Brennebene. Für die Messung von r und f kann die hintere Brennebene der „Lupe" als Oeffnungsebene gewählt werden, jedoch geht in die Formeln nur das Verhältniss $r : f$ ein. Weiter bedeutet σ den Abstand von der optischen Achse bezw. Fahrstrahl des Bildpunktes, entsprechend ω bezw. χ den einem Beugungsspektrum bezw. dem Bildpunkt zugehörigen Polarwinkel. Endlich ist dF die Elementarfläche eines Beugungsspektrums; i, k, h die zugehörige relative Lichtstärke; λ die Wellenlänge. Alles andere — insbesondere die Ableitung der Normalformen — bitte ich in meiner „Theorie des Fernrohrs" nachzusehen, auf welche sich alle folgenden Zitate beziehen.

Aplanatische Abbildung.

Es ist nach *S. 46* bezw. *S. 71 a. a. O.*

$$\left.\begin{aligned} C &= \frac{dF}{\lambda p}\int j \cos\left\{\mathfrak{Z}\cos(\omega-\chi)+\mathfrak{Q}\right\} \\ S &= \frac{dF}{\lambda p}\int j \sin\left\{\mathfrak{Z}\cos(\omega-\chi)+\mathfrak{Q}\right\} \end{aligned}\right\} \text{System I.}$$

$$\left.\begin{aligned} C &= \frac{dF}{\lambda p}\int j \cos\left\{\mathfrak{X}\cos\omega+\mathfrak{Y}\sin\omega+\mathfrak{Q}\right\} \\ S &= \frac{dF}{\lambda p}\int j \sin\left\{\mathfrak{X}\cos\omega+\mathfrak{Y}\sin\omega+\mathfrak{Q}\right\} \end{aligned}\right\} \text{System II.}$$

$$\mathfrak{Z} = \frac{2\pi\mathfrak{r}\sigma}{\lambda p} \qquad \mathfrak{Z}\cos\chi = \mathfrak{X} \qquad \mathfrak{Z}\sin\chi = \mathfrak{Y} \qquad \mathfrak{Q} = \frac{\pi\Delta\mathfrak{r}^2}{\lambda p^2}.$$

$$M^2 = C^2 + S^2 = \text{Lichtstärke im Bildpunkt.}$$

Mit Bezug hierauf ergeben sich folgende allgemeine Sätze:

I. *Verschiebung einer starren Gruppe von Beugungsspektra in der Kugelwellenfläche lässt in erster Annäherung das durch diese erzeugte mikroskopische Bild nach seinen inneren und äusseren Verhältnissen unverändert.*

Denn in jeder Lage geht die mit der Gruppe starr verbundene optische Achse durch den Brennpunkt in der optischen Hauptachse als gemeinsamen Pol; von geringer Neigung abgesehen ist also das mikroskopische Bild nach Art und Lage unverändert. Der Sinus des Neigungswinkels wird bestimmt durch das Verhältniss $\mathfrak{r} : f = \varphi . n \sin\alpha : f$; dieses Verhältniss schwankt unter den gewöhnlichen Verhältnissen im Mikroskop zwischen 1 : 30 und 1 : 100. Ein Fehler, welcher bei einer Verschiebung der Bildebene längs der optischen Achse um $\varDelta$ merklich wird, wird also in der Brennebene erst bei einem Abstand von der optischen Achse merklich werden, welcher zwischen $30\varDelta$ und $100\varDelta$ schwankt. Das gebräuchliche Gesichtsfeld jedoch wird im Allgemeinen fehlerfrei sein.

II. *Das mikroskopische Bild ist in der Brennebene achromatisch, in der Bildebene und längs der optischen Achse chromatisch.*

Denn für Nebenmaxima (das Hauptmaximum für den Beweis in der optischen Hauptachse vorausgesetzt) ist bekanntlich $\mathfrak{r} = \rho . \lambda$; die Grössen $\mathfrak{Z}$, $\mathfrak{X}$, $\mathfrak{Y}$ enthalten nur das Verhältniss $\mathfrak{r} : \lambda$, sind also achromatisch, während $\mathfrak{Q}$ das Verhältniss $\mathfrak{r}^2 : \lambda$ enthält, also eine chromatische Grösse ist. Die Grösse $\mathfrak{Q}$ kommt aber in den Bildebenen zu den Grössen $\mathfrak{X}$ und $\mathfrak{Y}$ im Allgemeinen in keiner symmetrischen Beziehung vor.

III. *Die Feinheit der Zeichnung im mikroskopischen Bild ist sowohl in der Brennebene wie auch in den entsprechenden Bildebenen und längs der optischen Achse proportional zur Wellenlänge des erzeugenden Lichts.*

Denn es enthalten die Grössen $\mathfrak{Z}$, $\mathfrak{X}$, $\mathfrak{Y}$ die Verhältnisse $\sigma : \lambda$, $\xi : \lambda$; $\eta : \lambda$ einerseits, die Grösse $\mathfrak{Q}$ das Verhältniss $\varDelta : \lambda$ andererseits.

Satz II bezieht sich auf Beleuchtung mit weissem Licht und konstante σ, ξ, η und $\varDelta$ bezw. variabele $\mathfrak{r}$ und λ; Satz III bezieht sich auf Beleuchtung mit monochromatischem Licht und konstante $\mathfrak{r}$ bezw. variabele σ, ξ, η nebst $\varDelta$ und λ; beide dürfen nicht miteinander verwirrt werden.

IV. *Die Feinheit der Zeichnung im mikroskopischen Bild ist in der Brennebene und den entsprechenden Bildebenen zur Längenausdehnung der Gruppe der Beugungsspektra umgekehrt proportional.*

Denn — das Hauptmaximum für den Beweis in der optischen Hauptachse vorausgesetzt — die Grössen $\mathfrak{Z}$, $\mathfrak{X}$, $\mathfrak{Y}$ enthalten die Produkte $\mathfrak{r}\sigma$, $\mathfrak{r}\xi$, $\mathfrak{r}\eta$.

Ich halte es nicht für unerspriesslich, diese Hauptsätze in dem einfachsten Fall zu erläutern, indem wir voraussetzen

$$1.\ j = i;\ r = 0. \qquad 2.\ j = k;\ r = \mathfrak{r};\ \omega = 0^0.$$

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{ i^2 + 2\,i\,k \cos(\mathfrak{X} + \mathfrak{Q}) + k^2 \right\}.$$

Wenn $\mathfrak{X}$ sich um 2π ändert, dann nimmt M^2 wieder den nämlichen Werth an; während $\mathfrak{Q}$ sich um 2π ändert, verschiebt sich die Streifung längs der $\mathfrak{X}$-Achse um ein ganzes Intervall. Da man die Längsausdehnung im mikroskopischen Bild von der optischen Achse aus zu messen hat, so sind also die Bildebenen längs der optischen Achse im Allgemeinen weder kongruent noch ähnlich; man kann also von *Feinheit der Zeichnung* nur sprechen, indem man in verschiedenen Fällen *entsprechende* Bildebenen längs der optischen Achse auf einander bezieht.

Wenn bei dem nämlichen Präparat sich λ ändert, dann bleibt vermöge der Beziehung $\mathfrak{r} = \rho . \lambda$ die Grösse $\mathfrak{X}$ konstant, während die Grösse $\mathfrak{Q}$ sich ändert; dies wirkt so, dass die Streifung sich längs der $\mathfrak{X}$-Achse verschiebt, oder so, als ob man die Bildebene längs der optischen Achse verschieben würde; also ist das mikro-

skopische Bild in der Brennebene für $\mathfrak{Q}=0$ achromatisch, dagegen sowohl in den Bildebenen als auch längs der optischen Achse chromatisch.

Wenn an verschiedenen Präparaten für verschiedene Werthe von λ der nämliche Werth von $\mathfrak{r}$ beobachtet wird, dann müssen sich ξ sowie Δ zu λ proportional ändern, damit $\mathfrak{X}$ sowie $\mathfrak{Q}$ sich um gleich viel ändern. Also ist die Feinheit der Zeichnung sowohl in der Brennebene wie auch in den entsprechenden Bildebenen und längs der optischen Achse proportional zur Wellenlänge.

Wenn an verschiedenen Präparaten für die nämlichen Werthe von λ verschiedene Werthe von $\mathfrak{r}$ beobachtet werden, dann muss sich ξ zu $\mathfrak{r}$ in entsprechenden Bildebenen umgekehrt proportional ändern, damit $\mathfrak{X}$ sich um gleich viel ändert.

Chromatische Aberration.

Das Wesen der chromatischen Aberration im Mikroskop kommt wie beim Fernrohr so zum Ausdruck, dass mit dem vollkommenen Bild in der Brennebene der wirksamsten Wellenlänge λ_0 die unvollkommenen Bilder von den Bildebenen der übrigen Wellenlängen λ zusammenfallen.

Wenn Δ die chromatischen Längenabweichungen der den verschiedenen Wellenlängen zugehörigen Brennweiten sind, dann erhalten wir den Satz

V. *Die Güte des mikroskopischen Bildes ist mittels Integration (Summirung) über die einzelnen Wellenlängen bestimmt durch das Verhältniss*

$$\mathfrak{G}=\int i\, M_0^2\left\{\mathfrak{Q}(\lambda)\right\}:\int i\, M_0^2\left\{\mathfrak{Q}(\lambda_0)\right\}.$$

Dabei bezieht sich M_0^2 auf $\mathfrak{Z}=\mathfrak{X}=\mathfrak{Y}=0$; i bedeutet die relative Lichtstärke der einzelnen Farben; ferner ist $\mathfrak{Q}(\lambda_0)=0$, indem $\Delta=0$ ist für die wirksamste Wellenlänge λ_0; was $\mathfrak{Q}(\lambda)$ betrifft, muss man beachten, dass nach Satz II die Beziehung $\mathfrak{r}=\rho\,.\,\lambda$ besteht; entsprechend erhält man für $\mathfrak{Q}(\lambda)$ den Ausdruck $\pi\rho^2\,\Delta\,\lambda:p^2$; das Rechnungsverfahren ist ganz das nämliche wie das, mit dem ich die Güte der Fernrohrobjektive in Beziehung auf die chromatische Aberration bestimmte.

Gerade Beleuchtung.

Im Folgenden sei vorausgesetzt, dass die Gruppe der Beugungsspektra aus einem Hauptmaximum in Mitte eines Kreises von paarweise einander entgegengesetzten Nebenmaxima — insbesondere in Mitte eines regelmässigen $2n$-Ecks von Nebenmaxima — bestehe.

Hauptmaximum: $j=i$; $r=0$.

Nebenmaxima: $j=k$; $r=\mathfrak{r}$; $\gamma=360^0:2n$; $\omega=0^0$, γ, 2γ, 3γ u. s. w. (360^0).

Wir erhalten in der Schreibweise von System II die allgemeine Formel

$$M^2=\left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2\left\{i^2+4\,i\,k\cos\mathfrak{Q}\,.\int_{0^0}^{180^0}\cos(\mathfrak{X}\cos\omega+\mathfrak{Y}\sin\omega)\right.$$
$$\left.+\,4\,k^2\left[\int_{0^0}^{180^0}\cos(\mathfrak{X}\cos\omega+\mathfrak{Y}\sin\omega)\right]^2\right\}.$$

Es ergeben sich folgende allgemeine Sätze, welche sich ausdrücklich auf die besonderen Voraussetzungen beziehen.

VI. *Wenn ein Hauptmaximum in Mitte eines Kreises von Nebenmaxima liegt, dann ist das mikroskopische Bild längs der optischen Achse eine regelmässige einfach periodische Funktion des Ortes — monochromatische Beleuchtung vorausgesetzt.*

Denn die Ausdrücke für C und S bleiben in diesem Falle bei der Transformation $\mathfrak{Q}+2\,m\,\pi$ invariant.

VII. *Wenn ein Hauptmaximum in Mitte eines Kreises von paarweise einander entgegengesetzten Nebenmaxima liegt, dann wechseln vollkommene Bilder mit Bildern von gerade entgegengesetztem Charakter längs der optischen Achse in konstantem Abstand ab — monochromatische Beleuchtung vorausgesetzt.*

Denn bei der Transformation $\mathfrak{Q} + (2m+1)\pi$ wechselt in diesem Falle $\cos \mathfrak{Q}$ das Vorzeichen. Es ist dies in doppelter Beziehung verschieden von den beim Fernrohr stattfindenden Verhältnissen.

VIII. *Wenn ein Hauptmaximum in Mitte eines regelmässigen Vielecks von Nebenmaxima liegt, dann ist das Muster des mikroskopischen Bildes in den Bildebenen innerhalb des zugehörigen Zentriwinkels völlig enthalten.*

Denn die Ausdrücke für C und S bleiben in diesem Falle bei der Transformation $\chi + m\gamma$ invariant.

IX. *Wenn ein Hauptmaximum in Mitte eines Kreises von Nebenmaxima liegt und Transformationen für* $\mathfrak{X}$ *und* $\mathfrak{Y}$ *möglich sind, bei welchen die beiden Ausdrücke*

$$\int \cos(\mathfrak{X} \cos\omega + \mathfrak{Y} \sin\omega) \text{ und } \int \sin(\mathfrak{X} \cos\omega + \mathfrak{Y} \sin\omega)$$

zugleich invariant bleiben, dann ist das mikroskopische Bild in der Brennebene eine regelmässige doppelt periodische Funktion des Ortes.

Denn die Ausdrücke für C und S bleiben in diesem Falle für diese Transformationen invariant.

X. *Wenn ein Hauptmaximum in Mitte eines Kreises von paarweise einander entgegengesetzten Nebenmaxima liegt und lineare periodische Beziehungen zwischen* $\mathfrak{X}$ *und* $\mathfrak{Y}$ *möglich sind, für welche der Ausdruck*

$$\int \cos(\mathfrak{X} \cos\omega + \mathfrak{Y} \sin\omega)$$

einen konstanten Werth annimmt, dann besitzt das mikroskopische Bild in den Bildebenen Parallelscharen konstanter Lichtstärke mit konstantem Abstand — in solchen Richtungen, zu welchen die Nebenmaxima paarweise symmetrisch liegen.

Denn in diesem Falle ergiebt für diese Beziehung die allgemeine Formel $M^2 =$ konst.

Wir werden nun einige Spezialfälle betrachten, die ich mit dem Namen von Diatomeen charakterisiren will, welche etwa ähnliche Bilder ihrer Schalenstruktur zeigen.

1. Synedra pulchella.

1. $j = i;\ r = 0.$ 2. $j = k;\ r = \mathfrak{r};\ \omega = 0^0,\ 180^0.$

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{ i^2 + 4\,i\,k \cos\mathfrak{X} \cos\mathfrak{Q} + 4\,k^2 \cos^2\mathfrak{X} \right\}.$$

Brennebene: $$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{ i + 2\,k \cos\mathfrak{X} \right\}^2.$$

Optische Achse: $$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{ i^2 + 4\,i\,k \cos\mathfrak{Q} + 4\,k^2 \right\}.$$

Da die Grösse $\mathfrak{Y}$ gar nicht vorkommt, so besteht das mikroskopische Bild in der Brennebene aus einem zur $\mathfrak{Y}$-Achse parallelen, regelmässig periodischen Streifensystem.

In der Brennebene erhält man Max. für $\mathfrak{X} = 2m\pi$ bezw. Min. für $\mathfrak{X} = (2m+1)\pi$; das Intervall der Streifung ist also $\mathfrak{X} = 2\pi$ oder $\mathfrak{r}\,\xi = \lambda p$ d. h. $\varphi n \sin\alpha \,.\, \xi = \lambda p$; somit wie bekannt $\xi = (\lambda : n \sin\alpha) \,.\, (p : \varphi)$.

Das Auftreten absoluter Min. in der Brennebene ist an die Bedingung $i = 2k$ geknüpft, bei deren Erfüllung das mikroskopische Bild grösstmögliche Schärfe besitzt.

Wenn $i = 0$ ist, d. h. bei Abblendung des Hauptmaximums (Dunkelfeldbeleuchtung), besitzt das mikroskopische Bild in der Brennebene doppelte Feinheit der

Zeichnung und zugleich grösstmögliche Schärfe; denn alsdann erhält man Max. für $\mathfrak{X} = m\pi$ bezw. absolute Min. für $\mathfrak{X} = (2m+1)(\pi:2)$. Diatomeen, welche bei gewöhnlicher Beleuchtung weiss oder gelblich gefärbt erscheinen und an der Grenze der Auflösung stehen, zeigen sich bei Dunkelfeldbeleuchtung mit grosser Schärfe gelöst, aber intensiv blau gefärbt. Dies kommt davon her, dass nur noch die blauen und violetten Nebenmaxima Aufnahme finden, welche in Ermangelung jedes direkten Lichtes die prachtvolle Beleuchtung erzeugen.

Wenn $\mathfrak{Q} = (2m+1)(\pi:2)$ ist, dann besitzt das mikroskopische Bild in der Bildebene ebenfalls doppelte Feinheit der Zeichnung; wenn $\mathfrak{Q} = (2m+1)\pi$ ist, dann hat das mikroskopische Bild in der Bildebene gegenüber der Brennebene Hell und Dunkel vertauscht. Den Uebergang zwischen diesen Bildmustern vermitteln natürlich Streifungen aus abwechselnd grossen und kleinen Max. bei doppelter Feinheit der Zeichnung.

Das experimentelle Studium dieser merkwürdigen Erscheinungen würde einerseits monochromatisches Licht, andererseits genügend konstante Akkommodationseinstellung des Auges erfordern, wovon wenigstens letztere schwer festzuhalten ist, indem sie sich mit der höheren oder tieferen Einstellung unwillkürlich mitändert. Ich lasse es dahingestellt sein, ob dies daran schuld ist, dass man oft Ansichten der einen Art nicht los werden und solche der anderen Art schwer hervorbringen kann.

2. *Pleurosigma attenuatum.*

1. $j = i$; $r = 0$. 2. $j = k$; $r = \mathfrak{r}$; $\omega = 0^0, 90^0, 180^0, 270^0$.

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{ i^2 + 4ik\,[\cos\mathfrak{X} + \cos\mathfrak{Y}]\cos\mathfrak{Q} + 4k^2[\cos\mathfrak{X} + \cos\mathfrak{Y}]^2 \right\}.$$

Brennebene: $$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{ i + 2k\,[\cos\mathfrak{X} + \cos\mathfrak{Y}] \right\}^2.$$

Optische Achse: $$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{ i^2 + 8ik\cos\mathfrak{Q} + 16k^2 \right\}.$$

Das Auftreten von Parallelscharen konstanter Lichtstärke in den Bildebenen ist an die Bedingung geknüpft

$$\cos\mathfrak{X} + \cos\mathfrak{Y} = \text{konst.} = 0.$$

Die Gleichungen der beiden Parallelscharen lauten entsprechend

$$\mathfrak{X} = \pm\mathfrak{Y} + (2m+1)\pi.$$

Der zugehörige konstante Abstand ist $\mathfrak{Z} = \pi\sqrt{2}$; man erhält die Grundrichtungen des mikroskopischen Bildes, indem man die Nebenmaxima in der Reihenfolge (12), (23), (34), (41) verbindet; das mikroskopische Bild besteht also in der Brennebene aus einer schachbrettartigen Felderung. Die Maximallichtstärke ist in den Punkten $\mathfrak{X} = 2m\pi$, $\mathfrak{Y} = 2n\pi$ mit dem Faktor $[i+4k]^2$, die Minimallichtstärke in den Punkten $\mathfrak{X} = (2m+1)\pi$, $\mathfrak{Y} = (2n+1)\pi$ mit dem Faktor $[i-4k]^2$ gegeben (diese Punkte sind die Mitten der Quadrate), die Lichtstärke längs der Seiten der Quadrate mit dem Faktor i^2.

In den durch $\mathfrak{Q} = (2m+1)\pi$ bestimmten Bildebenen erscheint das entgegengesetzte Muster, indem die Minimallichtstärke in den Quadratmitten $\mathfrak{X} = 2m\pi$, $\mathfrak{Y} = 2n\pi$ mit dem Faktor $[i-4k]^2$, die Maximallichtstärke in den Quadratmitten $\mathfrak{X} = (2m+1)\pi$, $\mathfrak{Y} = (2n+1)\pi$ mit dem Faktor $[i+4k]^2$, die Lichtstärke längs der Quadratseiten mit dem Faktor i^2 gegeben ist.

Eichhorn behandelt in seiner Schrift nur den Fall $i = 0$ für die Brennebene und findet mithin beide Arten von Quadraten gleich hell sowie beide Arten von Parallelscharen absolut dunkel.

In den durch $\mathfrak{Q} = (2m+1)(\pi:2)$ bestimmten Bildebenen erscheint das Muster in der Weise doppelt so fein, dass die Lichtstärke in den Mitten beider Arten von Quadraten ein Max. und mit dem Faktor $[i^2 + 16k^2]$, die Lichtstärke längs der Seiten dieser Quadrate ein Min. und mit dem Faktor i^2 gegeben ist.

3. *Pleurosigma angulatum.*

1. $j = i;\ r = 0.$ 2. $j = k;\ r = \mathfrak{r};\ \omega = 0^0, 60^0, 120^0, 180^0, 240^0, 300^0.$

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{i^2 + 4ik\left[\cos\mathfrak{X} + 2\cos\left(\frac{1}{2}\mathfrak{X}\right)\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\mathfrak{Y}\right)\right]\cos\mathfrak{Q} + 4k^2\left[\cos\mathfrak{X} + 2\cos\left(\frac{1}{2}\mathfrak{X}\right)\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\mathfrak{Y}\right)\right]^2\right\}.$$

Brennebene: $$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{i + 2k\left[\cos\mathfrak{X} + 2\cos\left(\frac{1}{2}\mathfrak{X}\right)\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\mathfrak{Y}\right)\right]\right\}^2.$$

Optische Achse: $$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{i^2 + 12ik\cos\mathfrak{Q} + 36k^2\right\}.$$

Das Auftreten von Parallelscharen konstanter Lichtstärke in den Bildebenen ist an die Bedingung geknüpft

$$\cos\mathfrak{X} + 2\cos\left(\frac{1}{2}\mathfrak{X}\right)\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\mathfrak{Y}\right) = \text{konst.} = -1.$$

Die Gleichungen der 3 Parallelscharen lauten entsprechend

$$\mathfrak{X} = (2m+1)\pi, \quad \frac{1}{2}\mathfrak{X} = \pm\frac{\sqrt{3}}{2}\mathfrak{Y} + (2m+1)\pi.$$

Man erhält die Grundrichtungen des mikroskopischen Bildes, indem man die Nebenmaxima in der Reihenfolge (13), (24), (35), (46), (51), (62) verbindet; das mikroskopische Bild in der Brennebene besteht also abwechselnd aus Sechsecken und Dreiecken. Die Maximallichtstärke in den Mitten der Sechsecke ist durch den Faktor $[i + 6k]^2$, die Minimallichtstärke in den Mitten der Dreiecke durch den Faktor $[i - 3k]^2$, die Lichtstärke längs der gemeinsamen Seiten der Sechsecke und Dreiecke durch den Faktor $[i - 2k]^2$ bestimmt. Es ist also sicher, dass Trockensysteme die Schalenstruktur von *Pleurosigma angulatum* wirklich in Sechsecke und nicht in Kreise mit Vortäuschung von Sechsecken auflösen.

Eichhorn behandelt auch hier nur den Fall $i = 0$ für die Brennebene und zeichnet die Mitten der Dreiecke von *Pleurosigma angulatum* ebenso wie die Mitten der Sechsecke hell, während sie bei gewöhnlicher Beleuchtung die dunkelsten Stellen des mikroskopischen Bildes in der Brennebene sind.

Was die Verhältnisse des mikroskopischen Bildes in den Bildebenen längs der optischen Achse betrifft, ist die richtige Einstellung dieser Diatomee seit langer Zeit eine Streitfrage der Mikroskopiker. Es kann nach unserer Formel gar kein Zweifel sein, dass das mikroskopische Bild in der Brennebene *helle* Sechsecke mit *dunklen* Rändern zeigt und dass die Einstellung auf *dunkle* Sechsecke mit *hellen* Rändern die absolut falsche ist. Wenn wir voraussetzen, dass diese Diatomee mit einem Mikroskopobjektiv von der Brennweite $\varphi = 4\,mm$ bei einer optischen Tubuslänge $p = 160\,mm$ in grüngelbem, monochromatischen Licht von der Wellenlänge $\lambda = 550\,\mu\mu$ betrachtet wird und zur Auflösung bei rein zentraler Beleuchtung eben eine numerische Apertur $n \sin\alpha = 1$ bedarf, dann erhalten wir als Bedingung für die Umkehrung des Bildmusters längs der optischen Achse $\cos\mathfrak{Q} = -1$, d. h. $\mathfrak{Q} = (2m+1)\pi$ oder $\Delta = (2m+1)\lambda.(p:\mathfrak{r})^2$, mithin in unserem Falle $\Delta = (2m+1).0{,}88\,mm$. Um so viel muss man — konstante Akkommodationseinstellung des Auges vorausgesetzt — das Okular herausziehen oder hineinschieben, bezw. die Einstellung des Tubus entsprechend ändern, damit das richtige in das absolut falsche Bild übergehe und umgekehrt. Durch diese einfache theoretische Betrachtung ist die langjährige Streitfrage endgültig gelöst.

Schiefe Beleuchtung.

Im Folgenden sei vorausgesetzt, dass die Gruppe der Beugungsspektra aus einem Hauptmaximum und mehreren Nebenmaxima bestehe, welche ein regelmässiges n-Eck bilden.

Hauptmaximum: $j = i$; $r = \mathfrak{r}$; $\omega = 0^0$.

Nebenmaxima: $j = k$; $r = \mathfrak{r}$; $\gamma = 360^0 : n$; $\omega = \gamma$, 2γ, 3γ u. s. w. (360^0).

Wir erhalten in der Schreibweise von System II die viel komplizirtere allgemeine Formel

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{ i^2 + 2\,i\,k \int_{0^0}^{360^0} \cos\left[\mathfrak{X} - (\mathfrak{X}\cos\omega + \mathfrak{Y}\sin\omega)\right] + \int_{0^0}^{360^0} k^2 \right.$$
$$\left. + 2\,k^2 \int_{0^0}^{360^0} (\mu < \nu) \cos\left[\mathfrak{X}(\cos_\mu \omega - \cos_\nu \omega) + \mathfrak{Y}(\sin_\mu \omega - \sin_\nu \omega)\right] \right\}.$$

In dieser Formel kommt die Grösse $\mathfrak{Q}$ gar nicht vor; es ergiebt sich hieraus folgender allgemeine Satz, welcher sich ausdrücklich auf obige Voraussetzung bezieht.

XI. *Wenn das Hauptmaximum mit den Nebenmaxima einen Kreis bildet, dann ist das mikroskopische Bild längs der optischen Achse vom Ort unabhängig.*

Denn der Halbmesser der durch diesen Kreis gehenden Kugelwellenfläche ist in diesem Falle beliebig gross.

Wir wenden uns wieder zu unseren Spezialfällen.

1. Synedra pulchella.

1. $j = i$; $r = \mathfrak{r}$; $\omega = 0^0$ 2. $j = k$; $r = \mathfrak{r}$; $\omega = 180^0$.

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{ i^2 + 2\,i\,k\cos(2\,\mathfrak{X}) + k^2 \right\}.$$

Optische Achse: $M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{ i + k \right\}^2.$

In der Bildebene erhält man Max. für $\mathfrak{X} = m\,\pi$ bezw. Min. für $\mathfrak{X} = (2\,m + 1)\,.\,(\pi : 2)$; das Intervall der Streifung ist also $\mathfrak{X} = \pi$ oder $2\,\mathfrak{r}\,\xi = \lambda p$ d. h. $2\,\varphi\,n \sin a\,.\,\xi = \lambda p$; somit wie bekannt $\xi = (\lambda : 2\,n\sin a)\,.\,(p : \varphi)$.

Das Auftreten absoluter Min. in der Bildebene, d. h. grösstmögliche Schärfe des mikroskopischen Bildes würde die Beziehung $i = k$ voraussetzen, welche durch einseitige Abschwächung des Hauptmaximums zu erfüllen wäre.

Um hier zu zeigen, was ganz allgemein aus Satz II in Verbindung mit Satz I folgt, dass das mikroskopische Bild in der Bildebene achromatisch ist, bedenken wir, dass einerseits für das Hauptmaximum $\mathfrak{r}_1$ von λ unabhängig ist und für das Nebenmaximum $\mathfrak{r}_2$ mit λ veränderlich, andererseits der Abstand vom Hauptmaximum zum Nebenmaximum $\mathfrak{r}_1 + \mathfrak{r}_2$ zur Wellenlänge λ bekanntlich proportional ist; da in diesem Falle in der Formel $\cos(\mathfrak{X}_1 + \mathfrak{X}_2)$ auftritt, so ist der Ausdruck für M^2 von λ unabhängig.

Abblendung eines Beugungsspektrums erzeugt konstante Lichtstärke (strukturloses Aussehen der Schale).

2. Pleurosigma angulatum.

1. $j = i$; $r = \mathfrak{r}$; $\omega = 0^0$. 2. $j = k$; $r = \mathfrak{r}$; $\omega = 120^0, 240^0$.

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{ i^2 + 4\,i\,k\cos\left(\frac{3}{2}\,\mathfrak{X}\right)\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\,\mathfrak{Y}\right) + 4\,k^2\cos^2\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\,\mathfrak{Y}\right) \right\}.$$

Optische Achse: $M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{ i + 2\,k \right\}^2.$

Die lineare periodische Beziehung $\mathfrak{Y}\sqrt{3} : 2 = (2\,m + 1)(\pi : 2)$ bewirkt, dass M^2 konstant und zwar zum Faktor i^2 proportional wird; das mikroskopische Bild zeigt

in der Bildebene nur *eine* Parallelschar konstanter Lichtstärke mit dem konstanten Abstand $\mathfrak{Y} = 2\pi : \sqrt{3}$, deren Grundrichtung zur Verbindungslinie der Nebenmaxima (23) senkrecht steht.

Wenn $i = k$ ist, dann bestehen auch noch die beiden linearen periodischen Beziehungen $\mathfrak{Y}\sqrt{3} : 2 = \pm 3\mathfrak{X} : 2 + (2m + 1)\pi$, für welche der Ausdruck M^2 den nämlichen konstanten Werth annimmt; das mikroskopische Bild zeigt in diesem Falle — welcher durch einseitige Abschwächung des Hauptmaximums verwirklicht werden könnte — auch noch die beiden Parallelscharen konstanter Lichtstärke, deren Grundrichtungen zu den Verbindungslinien der Beugungsspektra (12) und (31) senkrecht stehen.

Es ist nicht schwer zu sehen, dass in diesem Falle das mikroskopische Bild in der Bildebene wiederum eine Felderung abwechselnd von Sechsecken und Dreiecken zeigen würde. Die Maximallichtstärke in den Mitten der Sechsecke würde zum Faktor $9k^2$ proportional sein, die Lichtstärke längs der gemeinsamen Seiten zum Faktor k^2, die Minimallichtstärke in den Mitten der Dreiecke würde $= 0$ sein.

Wegen des allgemeinen Falles $i > k$ vgl. noch die Abhandlung von Eichhorn *S. 21.*

In manchen Fällen ist demnach durch Abblendung oder einseitige Abschwächung des Hauptmaximums eine Steigerung des Auflösungsvermögens oder der Bildschärfe zu erzielen; es ist aber mit diesem nicht gesagt, dass hierdurch das mikroskopische Bild in jedem Falle richtiger würde.

3. Pleurosigma attenuatum.

1. $j = i;\ r = \mathfrak{r};\ \omega = 0^0.$ 2. $j = k;\ r = \mathfrak{r};\ \omega = 90^0, 180^0, 270^0.$

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{(i - k)^2 + [4ik\cos\mathfrak{X} + 4k^2\cos\mathfrak{Y}](\cos\mathfrak{X} + \cos\mathfrak{Y})\right\}.$$

Optische Achse: $M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{i + 3k\right\}^2.$

Die beiden linearen periodischen Beziehungen $\mathfrak{X} = \pm\mathfrak{Y} + (2m + 1)\pi$ bewirken, dass der Ausdruck für M^2 einen konstanten zum Faktor $(i - k)^2$ proportionalen Werth annimmt; dem entsprechen in den Bildebenen die beiden Parallelscharen konstanter Lichtstärke, deren Grundrichtungen durch die Verbindungslinien der Beugungsspektra (12), (23), (34), (41) gegeben sind.

Das mikroskopische Bild zeigt auch in diesem Falle wieder eine quadratische Felderung; die Maximallichtstärke in den Mitten sämmtlicher Quadrate nimmt einen zum Faktor $[i + 3k]^2$ proportionalen, die Minimallichtstärke längs der Seiten dieser Quadrate einen zum Faktor $[i - k]^2$ proportionalen Werth an.

Wenn $i = k$ ist, was durch einseitige Abschwächung des Hauptmaximums erzielt werden kann, dann treten längs dieser beiden Parallelscharen absolute Min. auf, wodurch das mikroskopische Bild grösstmögliche Schärfe bekommt.

Exner empfahl seiner Zeit gelegentlich eines Aufsatzes über Szintillation der Fixsterne zur Beobachtung der Szintillation sowie zur Einstellung des Fixsterns das Objektiv bis auf 3 von einander um 120° abstehende Oeffnungen in der Randzone zu verdecken, und ich dachte früher einmal für einen Augenblick daran, ein ähnliches Verfahren der Konstruktion eines Entfernungsmessers zu Grunde zu legen. Wie wir jedoch eben gesehen haben, gewinnt man zwar in der Bildebene, verliert aber längs der optischen Achse an Feinheit der Zeichnung — das mikroskopische

oder astronomische Bild als *räumliches* Lichtgewebe aufgefasst — sodass diese Einrichtung nicht brauchbar ist.

Ich brauche wohl kaum zu erwähnen, dass die unter „gerade Beleuchtung" betrachteten Fälle *1* und *2* für $i = 0$ und die unter „schiefe Beleuchtung" behandelten Fälle *1* und *3* für $i = k$ gegenseitig paarweise übereinstimmen, wovon man sich leicht überzeugen kann.

Die Wahrnehmung der feinsten Züge des mikroskopischen Bildes wird theils durch unwillkürliche Akkommodationsänderung des beobachtenden Auges, theils durch den besprochenen Einfluss der chromatischen Aberration, theils durch den Umstand getrübt, dass die hellen Stellen aus verschiedenen Gründen über die dunklen zu greifen scheinen. So wird z. B. *Pleurosigma attenuatum* keine schachbrettartige Felderung zeigen, sondern abgerundete helle Achtecke in doppelter Reihe mit dunklen Zwischenräumen u. s. w. Wir dürfen auch nicht vergessen, dass die Beugungsspektra in Wirklichkeit nicht punktförmig sind und dass die Beleuchtung in Wirklichkeit nicht mit ebenen Wellen, sondern nur mit engen Strahlenkegeln geschieht. So bilden z. B. die 6 Nebenmaxima mit der hellen zentralen Scheibe bei *Pleurosigma angulatum* — welche man in *Trockensystemen* sieht — gar keine Gruppe von zusammengehörigen Beugungsspektra, sondern je eines ganz — die 5 anderen theilweise oder gar nicht — interferiren mit einem Theil des scheinbaren Hauptmaximums, welcher *seitlich* der hellen Mitte liegt; denn die Gruppe der 7 Beugungsspektra, als *Bilder* einer kreisförmigen Lichtquelle von *merklicher* Ausdehnung aufgefasst, haben auf einmal im Trockensystem keinen Platz.

Astigmatismus.

Es ist nach *S. 71 a. a. O.*

$$\left.\begin{aligned} C &= \frac{dF}{\lambda f}\int j\cos\left\{\mathfrak{X}\cos\omega + \mathfrak{Y}\sin\omega + \mathfrak{K}\cos^2\omega + \mathfrak{H}\sin^2\omega\right\} \\ S &= \frac{dF}{\lambda f}\int j\sin\left\{\mathfrak{X}\cos\omega + \mathfrak{Y}\sin\omega + \mathfrak{K}\cos^2\omega + \mathfrak{H}\sin^2\omega\right\} \end{aligned}\right\} M^2 = C^2 + S^2.$$

$$\mathfrak{K} = \frac{\pi(\zeta - p)\mathfrak{r}^2}{\lambda\zeta p} \qquad \mathfrak{H} = \frac{\pi(\zeta - q)\mathfrak{r}^2}{\lambda\zeta q} \qquad \mathfrak{K} - \mathfrak{H} = \mathfrak{Q} = \frac{\pi a \mathfrak{r}^2}{\lambda f^2} \qquad a = q - p \qquad f = \frac{1}{2}(p + q).$$

Wir wollen den Astigmatismus für den einfachsten Fall untersuchen, indem wir voraussetzen

1. $j = i;\ r = 0.$ 2. $j = k;\ r = \mathfrak{r};\ \omega = 0^\circ, 180^\circ.$ 3. $j = h;\ r = \mathfrak{r};\ \omega = 90^\circ, 270^\circ.$

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda f}\right)^2 \Big\{ i^2 + 4ik\cos\mathfrak{X}\cos\mathfrak{K} + 4ih\cos\mathfrak{Y}\cos\mathfrak{H} + 4k^2\cos^2\mathfrak{X} + 8kh\cos\mathfrak{X}\cos\mathfrak{Y}\cos\mathfrak{Q} + 4h^2\cos^2\mathfrak{Y} \Big\}.$$

Der Astigmatismus wirkt der Art nach als Verwirrung der Symmetrie des mikroskopischen Bildes und kann durch Verschiebung der Bildebene längs der optischen Achse bezw. entsprechende Veränderung der Tubuslänge in dieser Beziehung verbessert werden.

Das mikroskopische Bild zeigt in unserem Falle grösstmögliche Aehnlichkeit dann, wenn $\mathfrak{K} = -\mathfrak{H} + 2m\pi$ ist — vorausgesetzt, dass $k = h$ ist; dies führt zur Symmetrieebene für $m = 0$.

Symmetrieebene: $k = h \quad \mathfrak{K} - \mathfrak{H} = \mathfrak{Q} \quad \mathfrak{K} + \mathfrak{H} = 0 \quad \mathfrak{K} = +\frac{1}{2}\mathfrak{Q} \quad \mathfrak{H} = -\frac{1}{2}\mathfrak{Q}.$

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda f}\right)^2 \Big\{ i^2 + 4ik(\cos\mathfrak{X} + \cos\mathfrak{Y})\cos\left(\frac{1}{2}\mathfrak{Q}\right) + 4k^2(\cos^2\mathfrak{X} + 2\cos\mathfrak{X}\cos\mathfrak{Y}\cos\mathfrak{Q} + \cos^2\mathfrak{Y}) \Big\}.$$

Optische Achse: $k = h \quad \mathfrak{K} = \mathfrak{P} + \frac{1}{2}\mathfrak{Q} \quad \mathfrak{H} = \mathfrak{P} - \frac{1}{2}\mathfrak{Q} \quad \mathfrak{P} = \frac{\pi \Delta \mathfrak{r}^2}{\lambda f^2} \quad \Delta = \zeta - f.$

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda f}\right)^2 \left\{ i^2 + 8\, i\, k \cos\left(\frac{1}{2}\mathfrak{Q}\right) \cos \mathfrak{P} + 16\, k^2 \cos^2\left(\frac{1}{2}\mathfrak{Q}\right)\right\}.$$

Allgemein ist zu berücksichtigen, dass $a = q - p =$ konst. ist; man kann also nur bewirken, dass *eine* von den beiden Grössen $\mathfrak{K}$ und $\mathfrak{H}$ den Werth $2\, m\, \pi$ annimmt, aber nicht für beliebige Grösse von a, dass beide und mithin die Grösse $\mathfrak{Q}$ zugleich dies thun.

Der Astigmatismus kann seinen Grund in unsymmetrischer Form und Lage der Linsenflächen einerseits, andererseits in einer Neigung der Achse von der Gruppe der Beugungsspektra gegen die optische Hauptachse haben.

Zylinderwellen.

Es ist nach *S. 81 a. a. O.*

$$\left.\begin{aligned} C &= \frac{dF}{\lambda p}\int j \cos\left\{\mathfrak{X}\cos\omega + \mathfrak{Y}\sin\omega + \mathfrak{Q} - \mathfrak{E}\sin^2\omega\right\} \\ S &= \frac{dF}{\lambda p}\int j \sin\left\{\mathfrak{X}\cos\omega + \mathfrak{Y}\sin\omega + \mathfrak{Q} - \mathfrak{E}\sin^2\omega\right\} \end{aligned}\right\} M^2 = C^2 + S^2.$$

$$\mathfrak{Q} = \frac{\pi \Delta \mathfrak{r}^2}{\lambda p^2} \qquad \mathfrak{E} = \frac{\pi \mathfrak{r}^2}{\lambda p}.$$

Wir wollen die Zylinderwellen in dem einfachsten Fall untersuchen, indem wir voraussetzen

1. $j = i;\ r = 0.$ 2. $j = k;\ r = \mathfrak{r};\ \omega = 0^\circ, 180^\circ.$ 3. $j = h;\ r = \mathfrak{r};\ \omega = 90^\circ, 270^\circ.$

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \Big\{ i^2 + 4\, i\, k \cos\mathfrak{X}\cos\mathfrak{Q} + 4\, i\, h \cos\mathfrak{Y}\cos(\mathfrak{Q} - \mathfrak{E}) + 4\, k^2\cos^2\mathfrak{X} + 8\, k\, h\cos\mathfrak{X}\cos\mathfrak{Y}\cos\mathfrak{E} + 4\, h^2\cos^2\mathfrak{Y}\Big\}.$$

Die Zylinderwellen wirken der Art nach so, wie der Astigmatismus, und können durch Veränderung der Tubuslänge in gewisser Hinsicht verbessert werden.

Das mikroskopische Bild zeigt in unserem Fall grösstmögliche Aehnlichkeit dann, wenn $\mathfrak{Q} = -(\mathfrak{Q} - \mathfrak{E}) + 2\, m\, \pi$ ist — vorausgesetzt, dass $k = h$ ist; dies führt zur Symmetrieebene für $m = 0$.

Symmetrieebene: $k = h \quad \mathfrak{Q} = \frac{1}{2}\mathfrak{E} + m\,\pi \quad \Delta = \frac{1}{2}p + \frac{m\,\lambda\, p^2}{\mathfrak{r}^2}.$

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \Big\{ i^2 + 4\, i\, k(\cos\mathfrak{X} + \cos\mathfrak{Y})\cos\left(\frac{1}{2}\mathfrak{E}\right) + 4\, k^2(\cos^2\mathfrak{X} + 2\cos\mathfrak{X}\cos\mathfrak{Y}\cos\mathfrak{E} + \cos^2\mathfrak{Y})\Big\}.$$

Optische Achse: $\mathfrak{P} = \mathfrak{Q} - \frac{1}{2}\mathfrak{E}.$

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{ i^2 + 8\, i\, k\cos\left(\frac{1}{2}\mathfrak{E}\right)\cos\mathfrak{P} + 16\, k^2\cos^2\left(\frac{1}{2}\mathfrak{E}\right)\right\}.$$

Die Zylinderwellen dürften beim Mikroskop wohl kaum wirklich vorkommen.

Sphärische Aberration.

Es ist nach *S. 60 a. a. O.*

$$\left.\begin{aligned} C &= \frac{dF}{\lambda p}\int j\cos\left\{\mathfrak{Z}\cos(\omega - \chi) + \mathfrak{Q} + \mathfrak{A}\right\} \\ S &= \frac{dF}{\lambda p}\int j\sin\left\{\mathfrak{Z}\cos(\omega - \chi) + \mathfrak{Q} + \mathfrak{A}\right\} \end{aligned}\right\} M^2 = C^2 + S^2.$$

$$\mathfrak{Q} = \frac{\pi \Delta \mathfrak{r}^2}{\lambda p^2} \qquad \mathfrak{A} = \frac{\pi\, a\, \mathfrak{r}^2}{2\,\lambda\, p^2} \qquad a = \frac{a\,\mathfrak{r}^2}{2\,p}.$$

Wir wollen die sphärische Aberration zunächst für den einfachsten Fall untersuchen, indem wir voraussetzen

1. $j = i$; $r = 0$. 2. $j = k$; $r = \mathfrak{r}$; $\omega = 0^0, 180^0$.

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{ i^2 + 4\,i\,k \cos \mathfrak{X} \cos (\mathfrak{Q} + \mathfrak{A}) + 4\,k^2 \cos^2 \mathfrak{X} \right\}.$$

Die sphärische Aberration wirkt der Art nach als Verschiebung der Bildebene des mikroskopischen Bildes längs der optischen Achse und kann durch entsprechende Veränderung der Tubuslänge in gewissem Maasse verbessert werden.

Das mikroskopische Bild zeigt in unserem Fall grösstmögliche Aehnlichkeit dann, wenn $(\mathfrak{Q} + \mathfrak{A}) = 2\,m\,\pi$ ist — bei monochromatischer Beleuchtung Vollkommenheit; dies führt zur Mittelebene für $m = 0$.

Mittelebene: $\mathfrak{Q} = -\mathfrak{A}$ $\quad \Delta = -\frac{1}{2}\,a$.

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{ i + 2\,k \cos \mathfrak{X} \right\}^2.$$

Optische Achse: $\mathfrak{P} = \mathfrak{Q} + \mathfrak{A}$.

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{ i^2 + 4\,i\,k \cos \mathfrak{P} + 4\,k^2 \right\}.$$

Wenn der Kreis der Nebenmaxima und das Hauptmaximum in Mitte desselben merklich Theile (von messbarer Fläche) einer Ellipsoïdwellenfläche sind — welche sie selbst bei monochromatischer Beleuchtung in Wirklichkeit sind — dann darf man von wirklichen Brennpunkten reden.

Wenn die Beugungsspektra elementare Flächentheile sind — als welche sie bei monochromatischer Beleuchtung vorausgesetzt werden — also die elliptische Krümmung der Wellenfläche unmerklich wird, dann lässt sich durch das Hauptmaximum in Mitte des Kreises von Nebenmaxima und durch diesen eine Kugelwellenfläche legen, deren Halbmesser $f = p - a : 2$ wird; die sphärische Aberration geht in Aplanasie über, indem die Mittelebene der sphärischen Aberration zur Brennebene der aplanatischen Abbildung wird; denn in diesem Falle kommen den Beugungsspektra einzeln keine Brennpunkte zu, jedoch der gesammten Gruppe.

Nach Czapski vertragen achromatische Trockensysteme von 0,90 numerischer Apertur ohne wahrnehmbaren Mangel an Bildschärfe bei empfindlichen Präparaten noch eine Uebervergrösserung von 4 Mal, also bei 180 *mm* optischer Tubuslänge ein Okular von 45 *mm* Brennweite. Wenn bei 250 *mm* Sehweite eine Vergrösserung von 500 Mal erfordert wird, um Bilddetail von der dieser numerischen Apertur entsprechenden Feinheit erkennen zu können, dann ergiebt sich hieraus als Brennweite 2 *mm* (etwa Zeiss F). Ein Objektiv von der doppelten Brennweite 4 *mm* (etwa Zeiss DD) wird aber bei monochromatischer Randbeleuchtung mit einem Okular von 22,5 *mm* Brennweite trotz der doppelten Uebervergrösserung in erster Annäherung ebenfalls eine aberrationsfreie Vergrösserung von 500 Mal liefern. Demnach leistet mit Bezug auf Zonenabweichung oder sphärische Abberration bei monochromatischer Beleuchtung das Objektiv von 4 *mm* Brennweite in erster Annäherung ebensoviel, wie das Objektiv von 2 *mm* Brennweite — vorausgesetzt, dass es nur darauf ankommt, das aufgelöste Bilddetail überhaupt zu sehen, und nicht, es bequem zu sehen.

Die günstigste Spiegelstellung — falls überhaupt zur Auflösung schiefe Beleuchtung erforderlich ist — ist stets die, bei welcher das Hauptmaximum und das Nebenmaximum für die wirksamste Wellenlänge λ_0 von der optischen Hauptachse gleichweit abstehen.

Was die Wahrnehmung *ungleicher* Breite der hellen und dunklen Streifen eines Gitters betrifft, beginnt dieselbe erst dann, wenn beiderseits des Hauptmaximums noch je 2 Nebenmaxima zur Wirkung kommen; die Feinheit der zugehörigen Streifung ist doppelt so klein, als die des bei gerader Beleuchtung eben noch wahrnehmbaren Bilddetails; also giebt auch für diese beiden Fälle das Objektiv von 4 *mm* Brennweite eine genügende Vergrösserung ohne bemerkbare Fehler von 250 Mal.

Zonenabweichung.

Wir wollen die Zonenabweichung alsdann für den einfachsten Fall untersuchen, indem wir voraussetzen

1. $j = i;\ r = 0.$ 2. $j = h;\ r = \mathfrak{r};\ \omega = 0^0,\ 180^0;\ a = b;\ \mathfrak{A} = \mathfrak{B} = \pi\, b\, \mathfrak{r}^2 : 2\,\lambda\, p^2.$

3. $j = k;\ r = 2\,\mathfrak{r};\ \omega = 0^0,\ 180^0;\ a = c;\ \mathfrak{A} = \mathfrak{C} = 4\,\pi\, c\, \mathfrak{r}^2 : 2\,\lambda\, p^2.$

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \Big\{ i^2 + 4\,i\,h \cos\mathfrak{X} \cos(\mathfrak{D} + \mathfrak{B}) + 4\,i\,k \cos(2\,\mathfrak{X}) \cos(4\,\mathfrak{D} + \mathfrak{C}) + 4\,h^2 \cos^2\mathfrak{X} + 8\,h\,k \cos\mathfrak{X} \cos(2\,\mathfrak{X}) \cos(3\,\mathfrak{D} + \mathfrak{C} - \mathfrak{B}) + 4\,k^2 \cos^2(2\,\mathfrak{X}) \Big\}.$$

Die Zonenabweichung wirkt der Art nach so, wie die sphärische Aberration, und kann durch Veränderung der Tubuslänge in gewissem Maasse verbessert werden.

Allgemein kann man nur bewirken, dass *einer* von den 3 Ausdrücken $(\mathfrak{D} + \mathfrak{B})$, $(4\,\mathfrak{D} + \mathfrak{C})$, $(3\,\mathfrak{D} + \mathfrak{C} - \mathfrak{B})$ den Werth $2\,m\,\pi$ annimmt, aber nicht für beliebige Grösse von $c - b = d$, dass dies alle 3 zugleich thun; demnach wird eine Veränderung der Tubuslänge nur eine relative Verbesserung durch Veränderung von $\mathfrak{D}$, eine Veränderung der Korrektion aber eine absolute Aufhebung der Zonenabweichung durch Veränderung von d bewirken. In diesem Sinne wird eine Veränderung der Deckglasdicke wirken.

Wenn $b = c$ ist, dann kann man bewirken, dass zugleich $\cos(\mathfrak{D} + \mathfrak{B}) = \cos(4\,\mathfrak{D} + \mathfrak{C}) = +1$ sowie $\cos(3\,\mathfrak{D} + \mathfrak{C} - \mathfrak{B}) = +1$ wird; dies ergiebt die Bedingung $\Delta = -b:2 = -c:2$.

Bei einem von A. Kerber verbesserten Mikroskopobjektiv aus renommirter Werkstätte von 3,9 *mm* Brennweite und 0,65 numerischer Apertur (über welches seinerzeit in der *Zentralzeit. f. Optik u. Mechanik* berichtet wurde) trifft dies scheinbar zu, indem für die Wellenlänge $\lambda = 550\ \mu\mu$ die den Zonen von der numerischen Apertur 0 bezw. 0,325 und 0,65 zugehörigen Vereinigungsweiten $p_0 = 169$ *mm* bezw. $p_1 = p_2 = 164$ *mm* sind. Da jedoch, wenn die verbogene Wellenfläche keine Ellipsoïdfläche ist, die Grössen b und c mit den Längenabweichungen nicht identisch sind, so lässt sich hieraus kein sicherer Schluss ziehen. Ueberdies würde vorstehende Korrektion nur die Bilder solcher Präparate betreffen, deren Beugungsspektra gerade diese Zonen in Beschlag nehmen.

Allgemein wird die äusserste zulässige Grenze für die Grösse von $\cos\mathfrak{B}$ und $\cos\mathfrak{C}$ bezw. $\cos(\mathfrak{C} - \mathfrak{B})$ der Werth $+ 1/2$ sein; wenn diese fehlerhaften Multiplikatoren noch kleinere oder gar negative Werthe annehmen, dann tritt zunehmende Verwirrung des mikroskopischen Bildes ein. Bei einem halbwegs vollkommenen Mikroskopobjektiv sollte also $\mathfrak{A}$ bezw. $\mathfrak{B}$ oder $\mathfrak{C} < \pi : 3$ d. h. die Abweichung der Wellenfläche von der Kugelfläche durchgehends kleiner als $\lambda : 6$ sein; reine sphärische Aberration ohne Zonenabweichung (für $c = 4\,b$) vorausgesetzt, würde dies bei der Wellenlänge $\lambda = 500\ \mu\mu$ für die Längenabweichungen bei verschiedenen Austrittshöhen folgende Werthe als oberste Grenze bedingen:

$\mathfrak{r} = \varphi \cdot n \sin \alpha$	$\alpha <$	$\mathfrak{r} = \varphi \cdot n \sin \alpha$	$\alpha <$
1 *mm*	10,8 *mm*	4 *mm*	0,7 *mm*
2 „	2,7 „	5 „	0,4 „
3 „	1,2 „	6 „	0,3 „ .

Es dürfte nicht allzuviel Mikroskopobjektive geben, welche solchen strengen Forderungen genügen; in der Praxis liegt die Sache insofern ein wenig günstiger, als das beobachtende Auge mittels der Einstellung unwillkürlich die Fehlerreste $\cos(\mathfrak{Q} + \mathfrak{B})$ und $\cos(4\,\mathfrak{Q} + \mathfrak{C})$ bezw. $\cos(3\,\mathfrak{Q} + \mathfrak{C} - \mathfrak{B})$ gegenseitig möglichst vortheilhaft auszugleichen sucht.

Wir wollen noch in unserem Fall die Beschaffenheit des aberrationsfreien Bildes in der Brennebene betrachten

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{ i + 2 \left[h \cos \mathfrak{X} + k \cos (2\,\mathfrak{X}) \right] \right\}^2.$$

In diesem Falle legt sich über die durch $\cos \mathfrak{X}$ bestimmte regelmässig periodische Streifung die durch $\cos (2\,\mathfrak{X})$ bestimmte regelmässig periodische Streifung von doppelter Feinheit, von denen für $h > k$ mithin erstere letztere überwiegt.

Statt der Verhältnisse der einfachen Kosinus-Kurve, welche gleich breite helle und dunkle Streifen zum Ausdruck bringt (in Wirklichkeit werden die hellen im Allgemeinen etwas breiter aussehen als die dunklen) erhält man in diesem Falle eine Streifung mit grossen und kleinen Maxima in konstantem Abstand, welche für $h > k$ eine kleinere Breite der hellen und eine grössere Breite der dunklen Streifen zum Ausdruck bringt.

Wenn jedoch eine einseitige Abschwächung der dem Faktor h zugehörigen Nebenmaxima stattfindet (was nach Dippel z. B. bei Betrachtung von quergestreiften Muskelbündeln oft unabsichtlich geschehen kann), dann vermag die Streifung von doppelter Feinheit die maassgebende Streifung zu überwiegen, und man erhält falsche Ansichten der Objektstruktur (vgl. die hellen und dunklen Mittelscheiben der quergestreiften Muskelbündel).

In diesem Sinn verwirrend — sowohl an und für sich wie auch in Wirklichkeit mit Beihülfe der chromatischen Variation — wirkt sphärische Aberration und Zonenabweichung.

Koma.

Es ist nach *S. 78 a. a. O.*

$$\left.\begin{aligned} C &= \frac{dF}{\lambda p} \int j \cos \left\{ \mathfrak{X} \cos \omega + \mathfrak{Y} \sin \omega + \mathfrak{Q} - \mathfrak{T} \sin \omega \right\} \\ S &= \frac{dF}{\lambda p} \int j \sin \left\{ \mathfrak{X} \cos \omega + \mathfrak{Y} \sin \omega + \mathfrak{Q} - \mathfrak{T} \sin \omega \right\} \end{aligned}\right| M^2 = C^2 + S^2.$$

$$\mathfrak{Q} = \frac{\pi \Delta \mathfrak{r}^3}{\lambda p^3} \qquad \mathfrak{T} = \frac{\pi \mathfrak{r}^3}{\lambda p t}.$$

Wir wollen die Koma für den einfachsten Fall untersuchen, indem wir voraussetzen

$$1.\ j = i;\ r = 0. \qquad 2.\ j = k;\ r = \mathfrak{r};\ \omega = 90^\circ,\ 270^\circ.$$

$$M^2 = \left(\frac{dF}{\lambda p}\right)^2 \left\{ i^2 + 4\,i\,k \cos (\mathfrak{Y} - \mathfrak{T}) \cos \mathfrak{Q} + 4\,k^2 \cos^2 (\mathfrak{Y} - \mathfrak{T}) \right\}.$$

Die Koma wirkt der Art nach wie eine Neigung der Gruppe der Beugungsspektra gegen die optische Hauptachse, sodass eine Verschiebung der regelmässig periodischen Streifung stattfindet.

Da $\mathfrak{T}$ eine chromatische Grösse ist, so ist die Grösse dieser Verschiebung von der Wellenlänge abhängig; dies bewirkt eine Verwirrung des mikroskopischen Bildes in chromatischem Sinn.

Die Koma kann ihren Grund in unsymmetrischer Form und Lage der Linsenflächen gegen die optische Hauptachse haben.

Ich bin mir wohl bewusst, dass die Ausbeute der vorliegenden Studie verglichen mit dem Reichthum, welcher in den Formeln vergraben liegt, eine dürftige ist. Allein Raum und Zeit verboten, nach mehr zu streben. Ich bitte also bei der stattfindenden Sichtung auch entsprechende Nachsicht zu üben.

Ueber einen Thermoregulator für ein weites Temperaturgebiet.

Von
E. Gumlich in Charlottenburg.

Die Aufgabe, im Verlauf einer Messungsreihe eine Anzahl weit auseinanderliegender Temperaturen mit Hülfe eines einzigen Thermoregulators konstant zu halten, ist trotz anerkennenswerther Leistungen auf diesem Gebiet in vollständig befriedigender Weise noch nicht gelöst. Der im Folgenden beschriebene Thermoregulator lässt sich mit ungefähr gleichbleibender Empfindlichkeit für jede Temperatur innerhalb eines Intervalls von mehreren hundert Grad verwenden. Derselbe beruht auf dem Prinzip des Metallthermometers. Zwei Blechstreifen aus Metallen von möglichst verschiedenen Ausdehnungskoëffizienten, z. B. Nickel und Messing, von 1,4 *m* Länge, 15 *mm* Breite und 0,7 *mm* Dicke werden ihrer ganzen Länge nach verlöthet und zu einer Spirale *S* (Fig. 1) von etwa 8 *cm* Durchmesser zusammengerollt. Klemmt man das äussere Ende der Spirale fest, so dreht sich bei Temperaturänderungen eine Achse, die an dem inneren Ende der Spirale senkrecht zu deren Ebene befestigt ist. Diese Bewegung wird, stark vergrössert, auf den Zeiger *Z* durch ein Rad *R* von 8 *cm* Durchmesser übertragen, in dessen Kranz eine Nuth eingedreht ist; ein in dieser Nuth liegender und an dem Radkranz befestigter dünner Platindraht schlingt sich um die Zeigerachse, während ein in entgegengesetzter Richtung um dieselbe gewundener Faden, der über eine Rolle *K* läuft und durch ein passendes Gewicht beschwert ist, den Platindraht gleichmässig gespannt hält. Das Grössenverhältniss von Radkranz und Zeigerachse wurde so bemessen, dass einer Temperaturerhöhung der Spirale um 100° ungefähr eine Drehung des Zeigers um 360° entsprach, doch steht einer weiteren Vergrösserung dieser Uebertragung nichts im Wege.

Der etwa 20 *cm* lange, zwischen Spitzen laufende Zeiger aus Aluminiumblech, der auf der entgegengesetzten Seite durch ein verstellbares Gegengewicht ausbalancirt ist, spielt über einem getheilten Messingkreise *M*. Er trägt an der Unterseite nahe der Achse einen kleinen Platinstift, welcher in den kreisrunden, mit Quecksilber gefüllten Napf *N* hineinragt; dies Quecksilber steht mit dem einen Pol eines Akkumulators in Verbindung, dessen zweiter Pol mit einem auf der Peripherie des Kreises gleitenden Kontakt verbunden ist. Hat nun die mit einem Platindraht versehene Spitze des Zeigers diesen vom Messingkreis isolirten Kontakt erreicht, so wird der Strom durch den Zeiger hindurch geschlossen und ein Theil der Gaszufuhr mittels einer noch zu beschreibenden Vorrichtung abgesperrt; in Folge dessen sinkt die

Temperatur, der Zeiger geht zurück, der Strom wird geöffnet, die Gaszufuhr beginnt wieder u. s. f.

Todter Gang ist bei der beschriebenen Anordnung ausgeschlossen; auch die Reibung ist äusserst gering. Ein Versuch, die Achse der Spirale zwischen Spitzen laufen zu lassen, misslang offenbar deshalb, weil die Achse bei Temperaturänderungen nicht nur eine Drehung, sondern auch eine kleine Verschiebung erleidet, in Folge deren sich die Achse im Lager klemmt und der Zeiger sich ruckweise vorwärtsbewegt. Andrerseits konnte man die Spiralenachse auch nicht frei schweben lassen, da sich im Laufe der Zeit der mittelste Theil der Spirale stark durchbog. Es wurde daher das untere Ende der Achse mit einem Achathütchen versehen, das auf einer kleinen Quarzplatte ruht; die Bewegung des Zeigers ist in Folge dessen sehr gleichmässig und ruhig.

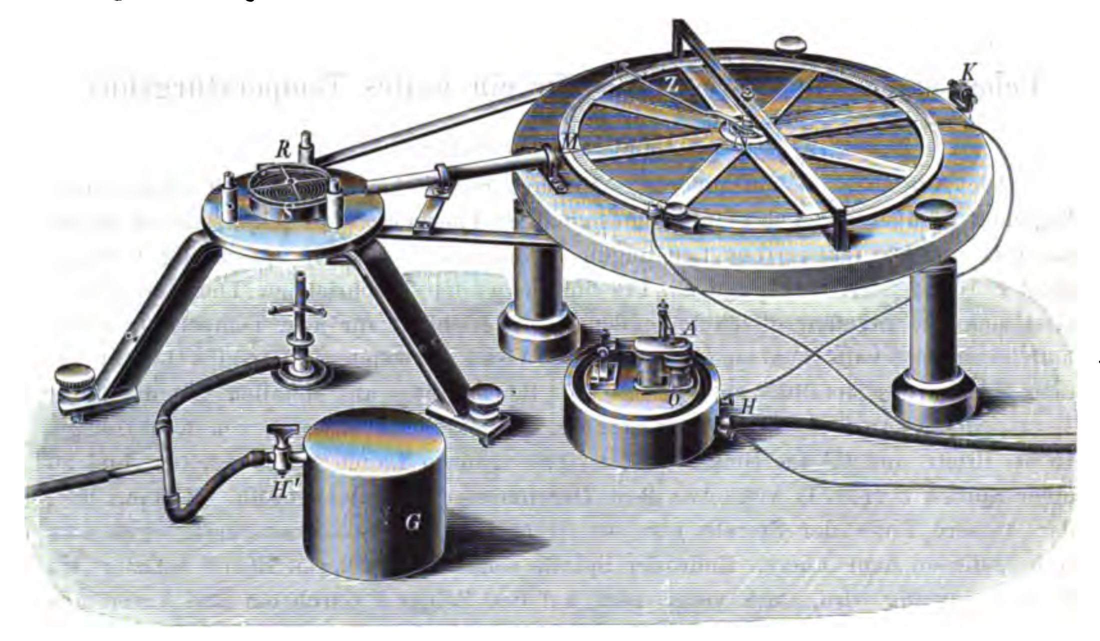


Fig. 1.

Als Kontakt kann entweder ein Platinstreifen oder Quecksilber verwendet werden. Im letzteren Falle füllt man ein kleines zylindrisches Gefäss, über dessen Rand der Zeiger noch eben hinwegstreift, so weit mit Quecksilber, dass die Kuppe etwas hervorragt. Der Quecksilberkontakt scheint auf die Dauer sicherer zu arbeiten als der Platinkontakt, der bei längerem Gebrauch leicht etwas oxydirt.

Die zum Absperren der Gaszufuhr dienende Vorrichtung ist im Vordergrunde der Fig. 1 sichtbar. In eine Unterlage von Holz ist eine Nuth eingedreht, die mit Quecksilber gefüllt wird; in dieses wird der Metalldeckel *G* eingesenkt. Das Gas tritt durch die Oeffnung *H* in ein Rohr ein, das mit dem hohlen Kerne des einen Elektromagnets *O* in Verbindung steht. Der in einem Scharnier bewegliche Anker *A* wird bei geöffnetem Strom durch eine schwache Spiralfeder bis zu einem Anschlag nach oben gezogen, sodass das Gas frei in das Gehäuse *G*[1]) ein- und durch den Hahn *H'* nach dem Brenner ausströmen kann. Bei Stromschluss wird der Anker angezogen und versperrt dem Gase den Zutritt. Zu diesem Zweck ist der Anker mit einem

[1]) In der Figur abgehoben dargestellt.

kleinen Kugelsegment versehen, das in die kugelförmig ausgeschliffene Oeffnung des durchbohrten Magnetkernes passt. Ueber diese Oeffnung ist lose eine dünne Kautschukmembran gespannt, die bei abstehendem Anker den Durchtritt des Gases nicht hindert; beim Anziehen des Ankers wird die Membran in die Oeffnung gepresst und schliesst dieselbe gasdicht ab.

Eine zweite zum Brenner führende und mit der ersteren durch ein T-Rohr verbundene Gasleitung bleibt dauernd geöffnet und unterhält eine Flamme, deren Grösse durch das aus dem Gefäss *G* kommende Gas verändert wird.

Die Leistungsfähigkeit des Regulators wurde in Verbindung mit dem Apparate geprüft, für welchen er bestimmt war: Ein eiserner Dreifuss trägt zwei Platten *B* und *C* (Fig. 2), welche durch drei Streben in einer solchen Entfernung gehalten werden, dass die Spirale zwischen beiden Platz findet. Auf der Platte *C* ruhen zwei konzentrische, oben geschlossene und mit Asbestpappe bekleidete Mäntel *D* und *E* aus dünnem Messingblech bezw. 5 *mm* dickem Kupferblech. Im Inneren befindet sich das kleinere Gefäss *F* aus 10 *mm* dickem Kupferblech, dessen Temperatur konstant gehalten werden soll. Dieses Gefäss steht nicht direkt wie die Mäntel *D* und *E* auf dem Boden *C*, sondern ist durch Porzellanfüsse mit spitz zulaufenden Metallkappen gegen eine direkte Wärmeübertragung vom Boden her geschützt; die Erwärmung des Gefässes erfolgt also in der Hauptsache durch die Luft. Ueber das Ganze ist der mit Asbestgewebe überzogene Mantel *H* gestülpt, der auf besonderen Füssen ruht. Die im Gefäss *F* befindlichen Thermometer werden durch zwei in den Mänteln angebrachte Glasfenster abgelesen.

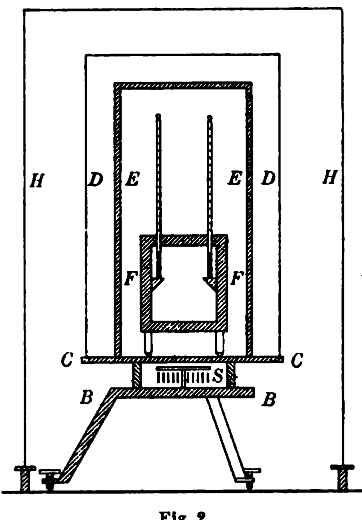


Fig. 2.

Anfänglich befand sich die Spirale auf dem Boden *C* zwischen den Füssen des Gefässes *F*; es zeigte sich jedoch, dass diese Stelle in Folge der sehr bedeutenden Wärmekapazität des Ganzen nicht zweckmässig gewählt war. In Folge dessen wurde die Spirale direkt über dem Boden *B* angebracht; hier kommt wesentlich nur noch die Wärmekapazität dieses Bodens in Betracht, die nur noch geringe Temperaturschwankungen zur Folge hat.

Die Aenderungen des Gasdrucks im Beobachtungsraume, der ganz in der Nähe der Gasanstalt liegt, sind während 24 Stunden ungemein stark; sie lassen sich allerdings durch Einschaltung der gebräuchlichen, kleinen Gasdruckregulatoren erheblich vermindern, aber keineswegs beseitigen. Schaltete man beispielsweise zwei Gasregulatoren von Pintsch hintereinander ein, ohne den Thermoregulator zu Hülfe zu nehmen, so erhielt man folgende Thermometerablesungen:

21. IV.	9^h 15 a. m.	39,50°	8. VI.	8^h 30 p. m.	88,40°
	10^h 15 „	58	9. VI.	9^h 15 a. m.	87,32
	10^h 35 „	63		10^h 15 „	83
	3^h 20 p. m.	41,86		1^h 0 p. m.	89,80
	7^h 55 „	42,02		3^h 0 „	90,60
	8^h 55 „	41,89		8^h 10 „	89,28
22. IV.	9^h 10 a. m.	39,60	10. VI.	9^h 30 a. m.	89,55
Maximale Schwankung:		2,5°			3,3°

Die beobachteten Temperaturänderungen betrugen also bei 90° im Laufe von 6 Stunden 3,3°. Setzte man dagegen den Thermoregulator in Gang und schaltete, um wenigstens die grössten Gasdruckschwankungen zu beseitigen, sowohl in die Leitung zur Dauer- wie zur Regulatorflamme je einen Gasdruckregulator ein, so erhielt man für verschiedene Temperaturen zwischen 20° und 100° folgende Ablesungen:

	Zeit	Ablesung
7. V.	9^h 25 a. m.	46,20°
	11^h 35 „	23
	3^h 15 p. m.	35
	5^h 50 „	33
8. V.	12^h 50 „	26
	1^h 35 „	27
	7^h 37 „	27
9. V.	9^h 25 a. m.	13
	10^h 25 „	14
Maximale Schwankung: 0,22°		
Art des Kontaktes: Platin.		
10. V.	11^h 36 a. m.	58,36
	3^h 0 p. m.	30
11. V.	7^h 40 a. m.	40
	8^h 10 „	37
	8^h 40 „	36
	9^h 30 „	29
	10^h 30 „	34
	1^h 55 p. m.	41
	2^h 55 „	41

	Zeit	Ablesung
11. V.	8^h 30 p. m.	58,53°
12. V.	9^h 15 a. m.	31
	9^h 45 „	32
	10^h 15 „	33
Maximale Schwankung: 0,24°		
Art des Kontaktes: Platin.		
6. VI.	2^h 45 p. m.	86,93
	7^h 30 „	83
	8^h 30 „	80
7. VI.	9^h 20 a. m.	75
	9^h 50 „	77
	10^h 20 „	78
	2^h 30 p. m.	87,04
Maximale Schwankung: 0,29°		
Art des Kontaktes: Quecksilber.		
25. V.	8^h 25 p. m.	92,80
	9^h 25 „	80
26. V.	9^h 25 a. m.	93,06
	9^h 55 „	92,95

	Zeit	Ablesung
26. V.	10^h 25 a. m.	93,00°
	10^h 55 „	94
	11^h 25 „	88
	2^h 0 p. m.	93,20
Maximale Schwankung: 0,40°		
Art des Kontaktes: Platin.		
2. VI.	3^h 0 p. m.	100,55
	8^h 0 „	47
	8^h 30 „	49
	9^h 0 „	53
	9^h 15 „	52
3. VI.	9^h 15 a. m.	37
	9^h 45 „	37
	10^h 15 „	40
	10^h 45 „	40
	1^h 35 p. m.	47
Maximale Schwankung: 0,18°		
Art des Kontaktes: Quecksilber.		

Hiernach halten sich die Schwankungen während 24 Stunden innerhalb weniger Zehntelgrade, die Schwankungen während einer Stunde übersteigen selten einige Hundertstelgrade, beide wachsen auch mit zunehmender Temperatur nicht merklich, sodass der Regulator bei Anwendung von Hartloth auch für noch wesentlich höhere Temperaturen brauchbar sein wird.

Referate.

Eine Vergleichung der Rowland'schen Thermometer mit den Pariser Normalen.

Von W. S. Day. *Phil Mag. (5)* ***46.*** *S. 1. 1898.*

Der Verf. hat mit grosser Sorgfalt eine Vergleichung der von Rowland bei der Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes benutzten drei Baudin'schen und des einen in Kew geprüften Thermometers mit drei im internationalen Maass- und Gewichtsbureau in Sèvres untersuchten Thermometern von Tonnelot durchgeführt und dadurch den Anschluss an das Wasserstoffthermometer gesichert. Bei seinen Untersuchungen verfuhr der Verf. völlig nach den im internationalen Maass- und Gewichtsbureau aufgestellten Prinzipien, auch die von ihm benutzten Apparate waren den dort im Gebrauch befindlichen nachgebildet. Die Vergleichungen, bei denen die Rowland'schen Thermometer nach Möglichkeit ihrer früheren Benutzung gleich behandelt wurden, geschahen in horizontaler Lage, sodass eine Bestimmung der Koëffizienten für äusseren Druck an den früher ausschliesslich in vertikaler Lage gebrauchten Rowland'schen Thermometern nothwendig wurde. Auf die Einzelresultate der Vergleichungen einzugehen, dürfte zu wenig Interesse bieten; es mag nur erwähnt

werden, dass sich die Temperaturangaben nach Rowland nach den vom Verf. ausgeführten Untersuchungen bis zum Betrage von 0,032° (Thermometer Baudin Nr. 6166 bei 20°) ändern.

Die Neuberechnung der Rowland'schen Versuche zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents unter Berücksichtigung der verbesserten Thermometerangaben führte den Verf. zu dem Schluss, dass die mangelnde Uebereinstimmung mit den Resultaten späterer Beobachter nach der elektrischen Methode in den Temperaturmessungen nicht begründet ist, dass dieselbe vielmehr wahrscheinlich einer fehlerhaften Messung der Energie, sei es in den Versuchen Rowland's oder in denen der andern Beobachter zur Last zu legen ist.

Schl.

Neues Verfahren der Molekulargewichtsbestimmung nach der Siedemethode.

Von W. Landsberger. *Ber. d. Deutsch. chem. Ges.* ***31.*** *S. 458. 1898.*

In die Lösung des auf sein Molekulargewicht zu untersuchenden Stoffes wird Dampf des reinen Lösungsmittels eingeleitet, der durch seine Kondensation die Lösung zum Sieden erhitzt und darin erhält. Nach Ablesung der Siedetemperatur wird der Prozentgehalt der Lösung, die gegen die ursprüngliche, mit einer abgewogenen Menge gelösten Stoffes hergestellte, verdünnt ist, durch Wägung bestimmt. Der sehr einfache Apparat besteht im Wesentlichen aus zwei in einander gesetzten Reagensgläsern, von denen das innere (etwa von 3 *cm* Weite und 16 *cm* Höhe), mit der Lösung beschickte, durch einen Pfropfen verschlossen ist, durch den das Thermometer und ein Glasrohr zum Einleiten des in einem Kolben entwickelten Dampfes hindurchgehen. Durch eine seitliche, bei der Wägung verschlossene Oeffnung steht das Reagensrohr mit dem äusseren, 4,5 *cm* weiten, in Verbindung; der eingeleitete Dampf tritt also zum Theil in dies äussere Gefäss über, bildet dort einen schützenden Mantel und entweicht weiterhin, z. B. in eine Kühlvorrichtung. Zur Temperaturmessung dienen leichte, nach Art der medizinischen Thermometer angefertigte, etwa 10 Grade umfassende und in 0,05° getheilte Thermometer, die für die praktischen Zwecke genügen[1]). Da die Einstellung der Siedetemperatur, wenn der Dampf einmal zur Verfügung steht, in wenigen Minuten erreicht ist (ein Vortheil gegenüber dem Beckmann'schen Apparat), so können schnell hintereinander mehrere Versuche, etwa abwechselnd mit dem reinen Lösungsmittel und der Lösung, angestellt werden. Eine grössere Reihe von Zahlenbeispielen spricht für die Zuverlässigkeit der nach diesem Verfahren ermittelten Molekulargewichtswerthe.

Wg.

Einige Bemerkungen über den Kirchhoff'schen Spektralapparat.

Von H. C. Vogel. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1898. S. 141.*

Mit Rücksicht darauf, dass Kirchhoff selbst den Apparat, den er zu den Untersuchungen über Spektralanalyse benutzt hat, nur mit knappen Worten beschrieben hat und auch die Darstellungen der Lehrbücher hier manche Unrichtigkeiten zeigen, sah sich Verf. veranlasst, ausführliche Angaben über die Einrichtung zu machen. Unter anderem werden auch die brechenden Winkel der Prismen und die optischen Konstanten der dazu verwandten Gläser mitgetheilt. Eine werthvolle Zugabe bilden die historischen Notizen über die Entstehung des Apparates, die aus dem Tagebuch von C. A. Steinheil stammen. Der Apparat befindet sich jetzt im Besitz des Astrophysikalischen Instituts zu Potsdam. *A. K.*

Ueber die Beugungserscheinungen, welche bei einer Lichtquelle endlicher Grösse in der Brennebene eines Fernrohrobjektivs auftreten.

Von H. Nagaoka. *Journ. of the Coll. of Science. Tokio Univ.* ***9.*** *S. 321. 1898.*

Verf. giebt eine strenge Behandlung der Fraunhofer'schen Beugungserscheinungen einer kreisförmigen Oeffnung für den Fall einer endlichen Ausdehnung der Lichtquelle. Nur für die Intensität in der Mitte des Bildes einer kreisförmigen hellen Scheibe resultirt ein ein-

[1]) Zu beziehen von Alexander Küchler & Söhne in Ilmenau.

facher Ausdruck: $I = 1 - J_0^2(r) - J_1^2(r)$, wo $r = \frac{2\pi R \sin\vartheta}{\lambda}$ (*R* Radius der Objektivöffnung, ϑ Beugungswinkel). Für den Verlauf der Funktion $Y = J_0^2(x) + J_1^2(x)$ ist eine Tafel der numerischen Werthe und eine graphische Darstellung gegeben. Für die übrigen Punkte der Bildebene wird der Ausdruck für die Intensität verwickelter; doch gelangt der Verf. zu Formeln, welche eine numerische Auswerthung der Funktionen ermöglichen. Schliesslich werden die Resultate zu einer strengen Theorie des Phänomens der Tropfenbildung beim Ein- und Austritt eines kleinen Planeten am Rande der Sonnenscheibe benutzt; eine graphische Darstellung der Kurven gleicher Intensität für verschiedene Abstände des Planeten vom Sonnenrande ist beigegeben. *A. K.*

Aenderung der elektromotorischen Kraft der H-förmigen Clark-Elemente mit der Temperatur.

Von F. S. Spiers, F. Troyman u. W. L. Waters. *Phil. Mag.* **45.** *S. 285. 1898.*

Die vorliegende Untersuchung soll eine Erweiterung der Arbeit von Ayrton und Cooper (*Electrician* **38.** *S. 303. 1897*) sein, welche über das starke Zurückbleiben der E.M.K. des Clark-Elements hinter der Temperatur („*lag*") handelt. Die Verff. verwenden grosse Sorgfalt auf gute Temperaturbäder, bei denen sie mit Thermoregulatoren 0,01° C. konstant halten können und auf Genauigkeit der elektrischen Messungen (Messung bis auf hunderttausendtel Volt). Sie kommen zu dem Resultat, dass die H-förmige Clark-Zelle der vom *Board of Trade* angenommenen Form in Bezug auf das Zurückbleiben hinter der Temperatur bedeutend überlegen ist, indem die H-Zelle der Temperatur im Allgemeinen rasch folgt, sodass man die E. M. K. derselben mit Sicherheit auf etwa ein Zehntausendtel angeben kann, wenn die Temperatur ungefähr 1/2 Stunde lang konstant gewesen ist. Als Erklärung hierfür führen sie an, dass bei der Zelle des *Board of Trade* das Zink nicht stets von gesättigter Lösung umgeben ist, während bei der H-Form, wo sich das Zinkamalgam auf dem Boden eines Schenkels befindet, dieser Uebelstand nicht auftritt. Die hier angegebene Thatsache und die Erklärung zu derselben ist bereits bekannt; vgl. Lindeck (*diese Zeitschr.* **12.** *S. 16. 1892*) und Kahle (*diese Zeitschr.* **13.** *S. 303. 1893* und *Wied. Ann.* **51.** *S. 193. 1894*).

Die vorliegende Veröffentlichung kann somit als eine Bestätigung dieser früheren Arbeiten aufgefasst werden. Nach den Mittheilungen der Verff. soll auch die von Callendar angegebene Krystall-Zelle (*Board of Trade*-Zelle, welche ganz mit Krystallen von Zinksulfat gefüllt ist) die gleichen Vorzüge, wie die H-Form besitzen; nur liegt bei dieser die Gefahr vor, dass etwas vom Zink in das Quecksilber gelangt; demnach ist die H-Form vorzuziehen. Die hier untersuchten H-förmigen Zellen sind nach der Vorschrift von Kahle zusammengesetzt. *W. J.*

Ringförmiges Induktionsnormal.

Von J. Fröhlich. *Wied. Ann.* **63.** *S. 142. 1897.*

Nachdem M. Wien im Jahre 1896 (*Wied. Ann.* **58.** *S. 553. 1896*) die Herstellung von Einheitsrollen für Selbstinduktion beschrieben hat, deren absoluter Werth auf experimentellem Wege gefunden wurde, stellt sich Fröhlich die Aufgabe, Induktionsnormale zu konstruiren, deren Werth aus den geometrischen Dimensionen des Stromleiters genau bestimmt werden kann. Er bewickelt zu diesem Zweck einen geschliffenen Ring aus karrarischem Marmor von rechteckigem Querschnitt mit *einer* Lage eines feinen, isolirten Kupferdrahtes in zahlreichen, dicht an einander liegenden Meridianwindungen. Die geometrischen Formen dieses Ringes wurden vor dem Bewickeln mit einem horizontalen Kathetometer gemessen; und zwar wurde der innere und äussere Durchmesser in je vier, mit einander je 45° bildenden Richtungen und in fünf, zur Ringachse senkrechten, äquidistanten Ebenen bestimmt. Die Endpunkte der Radien wurden dadurch fixirt, dass man eine dunkle, glatte Messingkugel mit dem Ring zur Berührung brachte und im Beobachtungsfernrohr auf den Berührungspunkt der Kugel mit ihrem Spiegelbild einstellte. Ausser diesen zwanzig inneren und äusseren Durchmessern wurde die Ringhöhe in den erwähnten vier Meridianebenen an

je acht Stellen des inneren und äusseren Randes gemessen. Es erwies sich, dass der Ring von einer idealen geometrischen Gestalt nur wenig abwich; es wurden aus den Messungen die Dimensionen desjenigen geometrisch genauen Ringes abgeleitet, dessen Form dem Marmorring am nächsten liegt.

Nach den geometrischen Ausmessungen wurde der Ring mit dem Kohlrausch'schen Variometer auf seine magnetischen Eigenschaften hin untersucht. Es ergab sich, dass das magnetische Moment des 105 *kg* schweren Ringes kleiner als 0,45 *C.G.S.*-Einheiten war.

Der Ring wurde nun ganz gleichmässig mit *einer* Lage eines dünnen, gut isolirten Kupferdrahtes in 2738 Windungen bedeckt. Die Wicklung wurde getrennt in zwei Serien zu je 1369 Windungen ausgeführt, sodass jede Wicklung je einen Halbkreis des Ringes umfasst. Das Ganze wurde mit einer alkoholischen Schellack-Mastix-Lösung getränkt. Der Ring liegt in einem festen, flachen Kasten aus Eichenholz und ist vom Holz durch Lagen von Filz, Glimmer und Seidenplüsch getrennt.

Für die Berechnung geht Fröhlich aus von einer bereits bekannten Formel für das Selbstpotential eines geschlossenen, gleichmässig gewickelten Solenoïds mit rechteckigem Querschnitt und *verschwindender* Drahtdicke. Diese Formel vervollständigt er dadurch, dass er die Korrektionsglieder berechnet, die wegen der endlichen Drahtdicke hinzutreten. Die Dimensionen des Ringes sind folgende:

innerer Radius des Ringes	24,9748 *cm*,
äusserer Radius des Ringes	35,0538 *cm*,
Höhe des Ringes	20,0845 *cm*,
Radius der Drahtseele	0,01115 *cm*.

Der Werth der Selbstinduktion ergiebt sich daraus zu

$$L = 0{,}10\,199 \text{ Henry}.$$

Um eine Kontrole für diese Zahl zu haben, vergleicht er sie mit den Selbstinduktionen L_A und L_B von zwei auf Glasrahmen gewickelten Rollen, deren Werthe ebenfalls theoretisch ermittelt worden sind. Es ergab sich

	berechnet	beobachtet
$L : L_A =$	0,140 161	0,140 069,
$L : L_B =$	0,140 298	0,139 991.

Von einer absoluten Messung des Induktionsnormals durch Widerstände und eine Zeitmessung, wie sie z. B. M. Wien vorgeschlagen hat, sieht der Verfasser ab, weil dann der Fehler, der in der Einheit des Ohm liegt, eingeht. Nach Ansicht des Ref. würde eine Ergänzung der Arbeit in dieser Richtung wünschenswerth sein. Bei der Messung elektrischer Grössen bewegen wir uns gar nicht mehr im absoluten Maasssystem, sondern im sogenannten internationalen, das durch eine bestimmte Festlegung des *Ohm* und des *Ampere* definirt ist. Konsequenterweise sollte man daher alle elektrische Maassgrössen in *diesem* Maasssystem ausdrücken. Inwieweit die aus den geometrischen Ausmessungen gefundene Zahl in das internationale System passt, geht aus Fröhlich's Messungen nicht hervor. Aus den Zahlen für $L : L_B$ ist ersichtlich, dass eine Unsicherheit von mehr als 0,2 % bestehen bleibt. Eine Messung durch Widerstände und Zeit ist dagegen auf 0,1 % ausführbar. Erwägt man noch, dass der „absolute“ Werth des *Ohm* genauer bekannt ist als auf 0,1 % (im Gegensatz zu der Bemerkung Fröhlich's), so erkennt man, dass durch eine solche Messung der Werth für das Normal im internationalen System etwa auf 0,1 % bestimmt werden kann. Dieser Werth würde um weniger als 0,2 % vom absoluten Werth abweichen und eine wünschenswerthe Bestätigung der theoretischen Erörterungen abgeben. *E. O.*

Ein Universal-Elektromagnet.

Von A. Oberbeck. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* ***11.*** *S. 162. 1898.*

Diese Konstruktion vereinigt die zwei üblichen Anordnungen, bei denen die beiden Pole das eine Mal nach unten und das andere Mal nach oben gerichtet sind, in einem einzigen Apparat. Dieser besteht aus einer eisernen, 50 *cm* langen, 12 *cm* breiten und 2 *cm*

dicken Platte *AB* (Fig. 1), die auf Messingfüssen steht und zwei mit Schellack ausgegossene 60 *cm* hohe Messingsröhren trägt, auf denen eine zweite Eisenplatte *CD* von gleicher Grösse wie die erste befestigt ist. Beide Platten haben in ihrer Längsrichtung einen Schlitz, in denen man die Elektromagnete einzeln einsetzen und mit den Schrauben S_1 und S_2 befestigen kann. Die einzelnen 22 *cm* hohen Elektromagnete sind mit drei Windungslagen dicken Kupferdrahts versehen. Die Windungen enden in zwei Klemmschrauben, die an den unteren Bodenplatten der Elektromagnete befestigt, in der Figur aber weggelassen sind. In Fig. 1 ist der eine Elektromagnet in der oberen und der andere in der unteren Lage dargestellt. Befestigt man beide Elektromagnete an der unteren Platte, so hat man einen aufrechtstehenden, sind beide oben angebracht, einen hängenden Hufeisenmagnet. Man hat ausserdem den grossen Vortheil, dass man die Kerne innerhalb weiter Grenzen gegen einander verschieben kann. Man kann auch einen einzelnen Kern in einer oberen oder unteren Lage benutzen oder auch beide Kerne lothrecht übereinander anordnen. In letzterem Falle erhält man ein starkes Magnetfeld mit lothrechten Kraftlinien, das man durch geeignete Ansatzstücke nach Belieben verkleinern und so verstärken kann. Zu dem Elektromagnet gehören verschiedene Ansatzstücke, insbesondere zwei von der Form der Fig. 2, durch die bei der unteren Stellung der Kerne entweder ein kleineres und sehr starkes oder ein grösseres und schwächeres Magnetfeld mit waagrechten Kraftlinien hergestellt werden kann, ferner ein längerer parallelepipedischer Anker für Tragkraftversuche, eine eiserne Kreisplatte von etwa 12 *cm* Durchmesser u. s. w. *H. H.-M.*

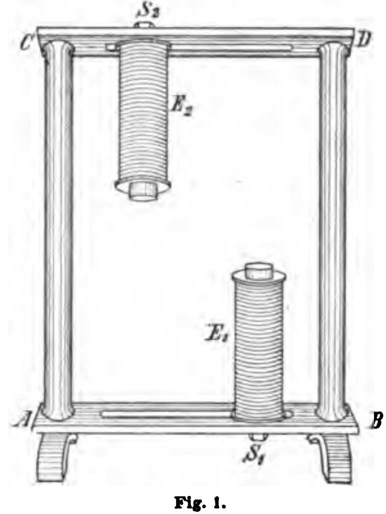


Fig. 1.

Fig. 2.

Ein neuer Kartirungsmaassstab.

Von Landmesser H. Schulz. *Zeitschr. f. Vermess.* **26.** *S. 484. 1897.*

Einfacher und billiger Auftrageapparat für Maasse auf einer Geraden oder für rechtwinklige Koordinaten, dem rasche Arbeit, einfache Handhabung und grosse Genauigkeit zugeschrieben werden. *Hammer.*

Neu erschienene Bücher.

Thompson, Ueber sichtbares und unsichtbares Licht. Eine Reihe von Vorlesungen, geh. an der *Royal Institution* v. Gross-Britannien. Deutsch v. Prof. Dr. Lummer. gr. 8°. IX, 229 S. m. 150 Abbildgn. u. 10 Tafeln. Halle, W. Knapp. 9,00 M.

Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik u. Meteorologie. 9. Aufl. v. Prof. Dr. L. Pfaundler unter Mitwirkg. des Prof. Dr. O. Lummer. In 3 Bdn. Mit 2981 Holzst. u. 13 Taf., z. Thl. in Farbendruck. 2. Bd. 2. Abth. gr. 8°. XIV, 768 S. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

Helmholtz, Vorlesungen üb. theoretische Physik. Hrsg. v. A. König, O. Krigar-Menzel, F. Richarz, C. Runge. 1. Bd. 2. Abth. u. 3. Bd. Lex. 8°. Leipzig, J. A. Barth. 27,00 M.

1, 2. Vorlesungen üb. die Dynamik diskreter Massenpunkte. Hrsg. v. O. Krigar-Menzel. Mit 21 Fig. im Text. X, 380 S. 15,00 M.

3. Vorlesungen üb. die mathematischen Prinzipien der Akustik. Hrsg. v. A. König u. C. Runge. Mit 21 Fig. im Text. X, 256 S. 12,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVIII. Jahrgang. **November 1898.** Elftes Heft.

Ueber Quarzspektrographen und neuere spektrographische Hülfsapparate.

Von

C. Leiss.

(Mittheilung aus der R. Fuess'schen Werkstaette in Steglitz bei Berlin.)

A. Quarzspektrographen nach V. Schumann.

An den in *dieser Zeitschr. 17. S. 321. 1897* von mir beschriebenen Quarzspektrographen hat neuerdings der Kameratheil eine von der ersten Ausführung nicht unwesentlich abweichende Form erhalten, deren Konstruktion durch die Fig. 1 (kleines Modell) und Fig. 2 (grosses Modell) erläutert wird.

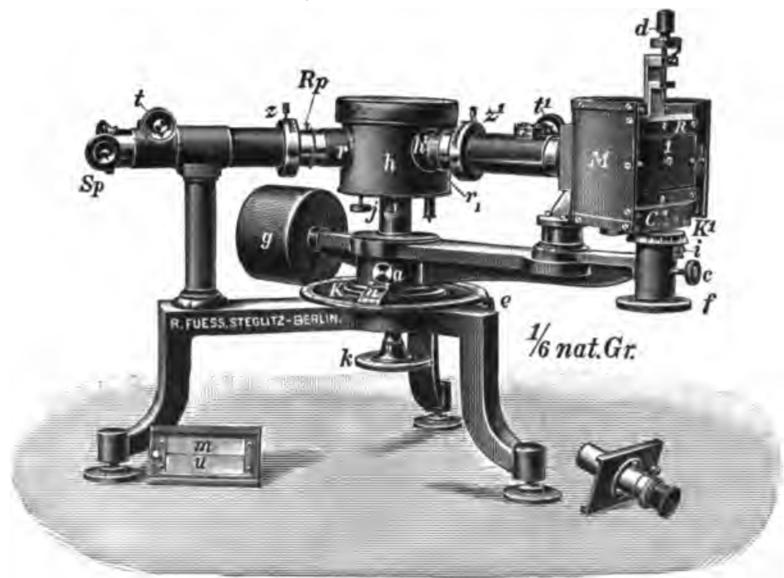


Fig. 1.

Die Verbindung der Kassettenlaufbahn C mit dem Träger oder der Röhre des Kameraobjektivs geschah bei den *a. a. O.* beschriebenen Apparaten mittels eines weichen Ledersackes. Wenngleich sich diese Art der Verbindung keineswegs beim Gebrauch des Apparats als nachtheilig erwiesen hat, so war die Anbringung dieses sackartigen Verschlusses einerseits doch eine recht mühsame und andererseits hat derselbe wenig dazu beigetragen, das Aussehen des Apparates gefällig zu gestalten.

Mit der Rückseite des um eine vertikale Achse drehbaren Kassettenträgers C ist ein halber, oben und unten verschlossener Zylindermantel verbunden, welcher

von dem an dem Trägerarm der Kamera befestigten halbkreisförmigen Mantel *M* derart umschlossen ist, dass sich zwischen beiden noch ein geringer, gleichmässiger Spielraum befindet. In den inneren, drehbaren Mantel ist eine schlitzförmige Oeffnung von etwa 25 *mm* Breite und einer der erforderlichen Drehung der Kassettenlaufbahn *C* entsprechenden Länge eingeschnitten. Ein lichtdichter Abschluss zwischen beiden einander zugekehrten Mantelflächen ist durch einen auf der Innenseite von *M* befestigten Sammtkranz hergestellt.

Bei dem kleinen Apparat (Fig. 1) ist das Triebrohr des Kameraobjektivs unmittelbar mit *M* verbunden, während bei dem grossen Modell (Fig. 2) die Verbindung zwischen *M* und dem Träger des Objektivs durch den Anschlussbalg *A* vermittelt wird.

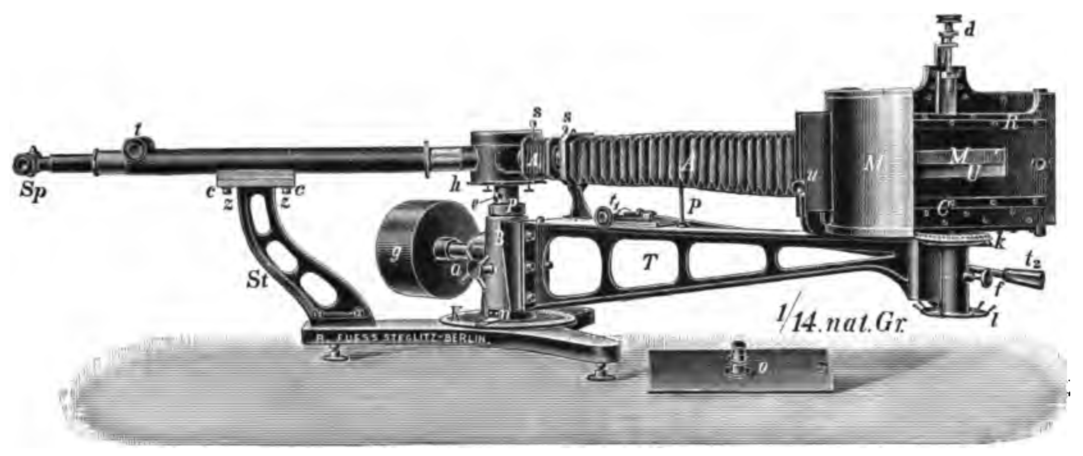


Fig. 2.

Zur Drehung der Kassettenlaufbahn dient die Griffscheibe *f* bezw. *l*. Steht die Kassettenlaufbahn und damit die photographische Platte normal zur Linsenachse, so koïnzidirt die Indexmarke mit dem Theilstrich 90 der Theilscheibe K^1 bezw. *k*. In der Gebrauchsstellung schliessen Platte und Linsenachse, wenn ein Quarzprisma von 60° benutzt wird, einen Winkel ein, welcher zwischen 22° und 30° variirt.

Der Mechanismus zur Aufnahme einer grösseren Anzahl untereinander stehender Spektren ist analog demjenigen der *a. a. O.* beschriebenen Apparate.

B. Quarzkondensor vereinfachter Form nach V. Schumann.

Der Kondensor (Fig. 3) besteht aus zwei Quarzzylinderlinsen, deren Linsenachse mit der krystallographischen Achse des Quarzes einen rechten Winkel bildet. Beide Linsen *a* und *b* sind in Schiebehülsen gefasst und können innerhalb geringer Grenzen (jede etwa 6 *cm*) orientirt verschoben werden. Die Hülse der Linse *a* passt in das Rohr *c*, während die Hülse der Linse *b* über dasselbe passt. Die geometrische Achse der dem Funken *F* am nächsten stehenden Linse verläuft parallel der Spaltrichtung, die der anderen senkrecht dazu. Das Kondensorsystem wird von einem mit drei Nivellirschrauben versehenen Stativ getragen und kann mittels einer sehr ausgiebigen Zahn- und Triebbewegung (etwa 12 *cm*) hoch- und tiefgestellt werden. Bei dem zum grossen Spektrographen gehörigen Kondensor ist die Lichtquelle etwa 12 *cm* von der Linse *a* und ungefähr 40 *cm* vom Spalt entfernt; bei dem Kondensor des kleinen Apparates betragen die Entfernungen etwa 5 *cm* und 23 *cm*.

C. Funkenapparat nach V. Schumann.

Auf dem oberen Ende einer durch Zahn und Trieb beweglichen prismatischen Säule (Fig. 4) ist der kräftige, aus Holzfiber verfertigte, mittels der Schraube *b* und Gegenfedern innerhalb 10 bis 15 *mm* bewegliche Schlitten *a* montirt. Letzterer trägt zwei mit den beiden Polschrauben *c c* versehene Träger für die Elektrodenhalter *d d*. Jeder dieser Halter kann freihändig nach Lösen der Schrauben *g g* verschoben werden; ausserdem lässt sich für die feinere Einstellung des Elektrodenabstandes der über der Schlittenschraube *b* liegende Halter mittels einer Schraube (Ebonitknopf *e*) verstellen. Als Griffe bei der Einstellung der Elektrodenhalter *d d* dienen die Ebonitknöpfe *e e*. Die Klemmschrauben *h h* für die Elektroden sind nicht, wie in der Figur der Deutlichkeit halber angegeben, vertikal, sondern horizontal angeordnet; dadurch

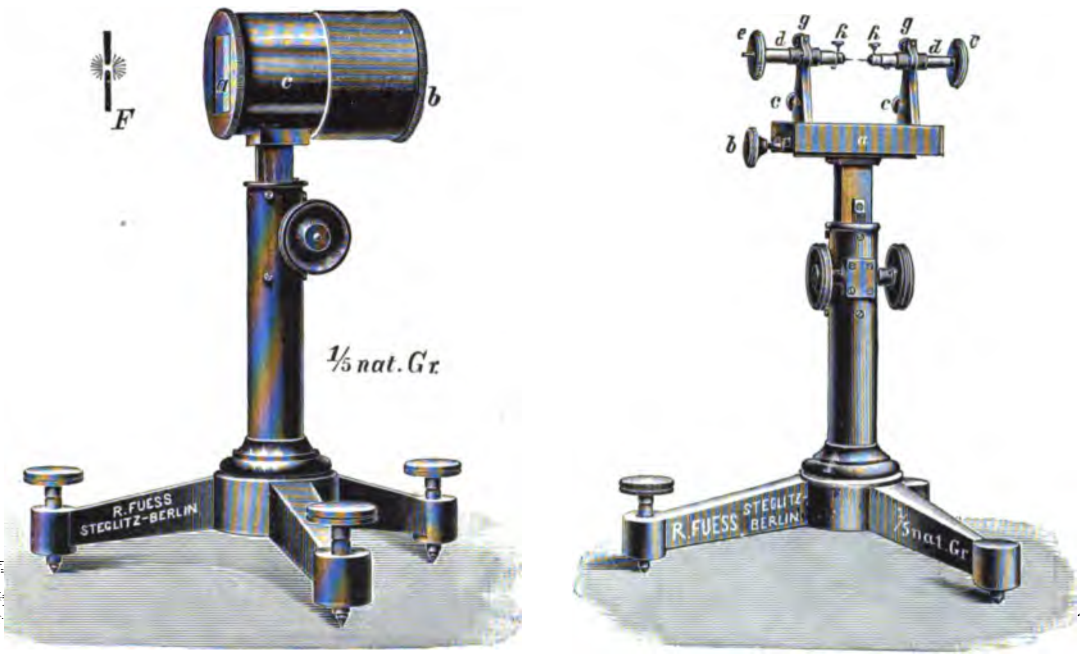


Fig. 3. Fig. 4.

bleiben dicke und dünne Drähte gleich sicher eingestellt. Damit man die Elektroden von aussen her und in Form von längeren Drähten einstecken kann, sind die Zylinder *d d* mit Bohrungen von 2 *mm* Weite versehen.

Pincetten für sehr kleine Elektroden. Da von vielen Stoffen, insbesondere von den selteneren Erden, Krystallen u. s. w. nicht immer Elektroden in Draht- oder Stäbchenform, sondern nur in kleinen, unregelmässig geformten Stückchen zur Verfügung stehen, so können auf Wunsch dem Apparat zwei kleine, mittels der Schrauben *h h* einklemmbare Pincetten beigegeben werden. Dieselben sind aus hart gehämmertem Kupfer verfertigt, deren Backen ein wenig ausgehöhlt sind und zum bequemen Einklemmen der Elektroden mit einer kleinen Schraube auseinandergepresst werden können.

Die günstigste *Gestalt des Funkens* ist die einer Kugel. Sie wird erreicht durch geeignete Entfernung der Elektroden, und diese wird im Allgemeinen 1 bis 1,5 *mm* nicht überschreiten. Zu lange Funken besitzen zudem auch den Nachtheil, dass die zwischen den Elektroden liegende Luft zum Glühen erhitzt wird und dadurch neben dem Spektrum des Metalls viele Luftlinien entstehen, welche die Metallspektren leicht störend beeinträchtigen können. Die Zentrirung oder Einstellung des Funkens in die

verlängert gedachte Kollimatorachse geschieht mittels der Schlittenschraube *b* und dem Triebwerk am Stativ.

Eine Vereinfachung des Apparates kann eintreten durch Fortlassung des horizontalen Schlittens *a b*. Zur letzten feinen Einstellung des Funkens in die verlängerte Kollimatorachse bedient man sich alsdann der in dem einen Fuss sitzenden Stellschraube, mit der man den Apparat um die beiden anderen, mit Spitzen versehenen Füsse dreht. Die Abweichung des Funkens in der Vertikalen ist dabei in Anbetracht der Höhe des Stativs ausserordentlich gering.

D. Universal-Funkenapparat nach V. Schumann.

Während der vorbeschriebene Apparat nur gestattet den Funken horizontal überspringen zu lassen, kann mit dem in Fig. 5 abgebildeten Apparat der Funke sowohl rechtwinklig (H. C. Vogel) als auch parallel (W. N. Hartley) zum Spalt des Kollimators gestellt werden. Ueberdies erlaubt die Konstruktion des Apparates auch bequem die Verwendung von Entladungsröhren für Längs- und Querdurchsicht.

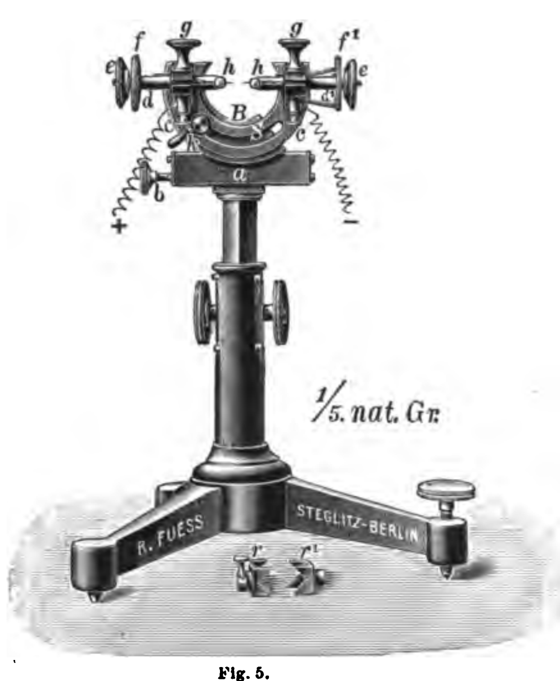


Fig. 5.

Das Stativ mit dem horizontalen Schlitten *a b* entspricht ganz demjenigen des einfacheren Apparates (Fig. 4). Auf *a* ist das vertikal stehende, metallene Bogenstück *B* befestigt. In dieses passt verschiebbar die gleichfalls bogenförmige, aber aus Ebonit oder Holzfiber gefertigte Schiene *S*, an deren Enden die beiden Lager für die Elektrodenhalter *d* und d^1 befestigt sind. Die Elektrodenhalter besitzen eine grobe und feine Einstellung, welche beide in orientirter Lage erfolgen. Erstere geschieht nach Lösen der Klemmschrauben *g g* durch freihändiges Verschieben mittels der Ebonitknöpfe *f* und f^1, während die feine Einstellung mittels der Ebonitknöpfe *e e* erfolgt. Beide Elektrodenhalter sind mit einer 2 *mm* weiten Bohrung versehen, um lange, drahtförmige Elektroden von aussen her einführen zu können. Festgeklemmt werden die Elektroden durch die horizontal eingesetzten, mit gerändertem Kopf versehenen Schräubchen *h h*. Wie bei dem einfacheren Apparat können auch bei diesem kleine Kupferpincetten zum Festhalten von Elektroden, die in Drahtform nicht erhältlich sind, Verwendung finden. Die Stromzuführung geschieht durch die in die Lager der Elektrodenhalter eingeschraubten Polklemmen *c c*.

Vertikalstellung des Funkens. Um den Funken, anstatt senkrecht, parallel dem Spalt überspringen zu lassen, ist weiter nichts nöthig, als die mit einem Griffhebel versehene Klemmschraube *k* zu lösen und nun die bogenförmige Schiene *S* mit den Elektrodenhaltern im Uhrzeiger-Sinne um 90° zu drehen und sodann wieder festzuklemmen. Ein Anschlag gegen die Schraube *k* macht die richtige Stellung in beiden Fällen, horizontal und vertikal, kenntlich.

Zur *Markirung des Drehpunktes*, wonach man die abgebrannten Elektroden wieder in die verlängert gedachte Kollimatorachse zu stellen vermag, kann gewünschten Falls eine einfache Vorrichtung dem Apparat beigegeben werden. Dieselbe besteht aus einem auf den inneren Kreisbogen von B aufzusetzenden geeigneten Quadranten, in dessen Mittelpunkt eine senkrecht zu den Elektroden stehende Spitze eingesetzt ist.

Befestigung von Geissler'schen Röhren. Als Halter für dieselben dient das in der Fig. 5 unten abgebildete Backenpaar r und r^1. Dasselbe wird beim Gebrauch nach vorheriger Entfernung der beiden Schrauben $h\,h$ auf die vorderen Enden der Elektrodenhalter derart aufgesteckt, dass sich r auf dem linken und r^1 auf dem rechten Elektrodenhalter befindet.

Beim Einspannen der Röhren verfährt man etwa in folgender Weise. Durch Verschieben von d bringt man den Halter r zunächst in diejenige Stellung, in welcher die Röhre möglichst gut im Drehungsmittelpunkt liegt, und klemmt d in dieser Lage mittels g fest. Alsdann zieht man d^1 so weit aus seinem Lager heraus, um die Röhre bequem zwischen die Backen einführen zu können. Sobald dies geschehen ist, lässt man den Griffknopf f^1 ein wenig los, worauf der mit drei sehr elastischen Zugfedern versehene Elektrodenhalter d^1 nach dem Drehungspunkte hin gezogen und dadurch die Backe r^1 fest gegen die Röhre gepresst wird. Je nachdem die Röhre für Längsdurchsicht oder Querdurchsicht benutzt werden soll, hat man nur dieselbe sammt den beiden Backen r und r^1 zu drehen. In der gewünschten Stellung klemmt man alsdann die mit Spannring und Fixirschraube versehene Backe r fest. Die Röhrenauflagen von r und r^1 sind mit Leder beklebt. Die Röhrenhalter gestatten, Röhren von etwa 20 *mm* bis herunter zu den dünnsten Kapillarröhren festzuhalten.

Beide Elektrodenhalter d und d^1 können aus ihren Lagern völlig herausgezogen werden. Bei ersterem gelingt dies ohne weiteres, nachdem die Klemmschraube des Lagerstückes geöffnet ist; bei dem zweiten hingegen muss zuvor der Ebonitknopf f^1, an dem die Zugfedern befestigt sind, von der Spindel d^1 getrennt werden. Verbunden sind f^1 und d^1 durch einen Bajonnetverschluss. Man hat also nur eine geringe Drehung an dem Knopf f^1 auszuführen, worauf derselbe von den Federn sogleich von seiner Ansatzfläche getrennt und gegen das Lagerstück von d^1 gezogen wird. Ein passender Durchbruch in den Lagerstücken und in f^1 erlaubt auch den Schrauben $h\,h$ den Durchtritt beim Herausziehen der Halter d und d^1.

E. Versuchsergebnisse mit den Spektrographen.

Um an einigen charakteristischen Beispielen die Leistungsfähigkeit der neuen spektrophotographischen Apparate zu erläutern, sind auf der umstehenden Tafel einige der vom Verf. aufgenommenen Spektrophotogramme in photographischer Reproduktion (Lichtdruck) wiedergegeben. Sämmtliche Aufnahmen sind mit dem kleinsten Modell (Fig. 1, *S. 325*) der Quarzspektrographen aufgenommen[1]). Die Lichtdrucktafel giebt die Originale in $2^1/_2$-facher Vergrösserung wieder.

Lichtquelle. Den Primärstrom von 3 bis 4 *A* für ein Induktorium von 15 *cm* Funkenlänge lieferte eine Akkumulatoren-Batterie von 4 Zellen. Bei Aufnahmen des brechbarsten Gebietes zwischen den Wellenlängen 2000 und 1852 (s. Fig. 4 der Tafel) wurden noch zwei weitere Zellen hinzugenommen. Die jeweilige Stromstärke und Spannung wurde durch Messinstrumente kontrolirt. In den Sekundärkreis waren

[1]) Das gute Gelingen der Photogramme verdanke ich nicht zum geringsten Theil der Freundlichkeit des Hrn. V. Schumann, der mir bei meinen Versuchen mit seinen reichen Erfahrungen auf diesem Gebiet stets und in ausgiebigstem Maasse rathend zur Seite stand.

zwei Leydener Flaschen von etwa 40 *cm* Höhe eingeschaltet. Alle Aufnahmen wurden ohne Kondensorlinsen ausgeführt.

Photographischer Prozess. Zu den Aufnahmen benutzte ich fast ausnahmslos Gelatinetrockenplatten (auf Spiegelglas) oder Films von Dr. Schleussner in Frankfurt a. M. Platten anderer Präparation, wie sich z. B. Schumann solche nach einem eigenen Verfahren herstellt und die viel schärfere und kontrastreichere Linienbilder auf glasklarem Grunde liefern als alle käuflichen Platten, standen mir nicht zur Verfügung. Aber mit den käuflichen Platten lässt sich, wie die Photogramme zeigen, immerhin schon leidlich Brauchbares erreichen. Ja man kommt bei den Aufnahmen bis zur Wellenlänge 2024 (Zn-Linie Nr. 29) selbst bei sehr engem Spalt und gar nicht zu langer Belichtung (etwa 30 bis 40 Sek.) noch sehr gut mit einer käuflichen Platte aus. Die Aufnahmen jenseits der Wellenlänge 2000 etwa bis 1852 erfordern bei Benutzung gewöhnlicher Gelatineplatten schon beträchtlich längere Expositionszeiten und weiter geöffneten Spalt. Aber die Linien verlieren in diesem Gebiet schon merklich an Schärfe und Kraft. Zum Entwickeln der Platten benutzte ich den Rodinal-Entwickler (Lösung 1 : 25) der Aktien-Gesellschaft für Anilin-Fabrikation in Berlin, zum Fixiren unterschwefligsaures Natron. Die Entwicklungsdauer währte durchschnittlich 40 bis 70 Sek.

Erklärung der Tafel. Fig. 1. *Probe der Bildkrümmung bei Benutzung von Glasnegativen* (Nr. 117)[1]). Infolge der eigenthümlichen Bildkrümmung der Prismen gelingt es nicht, selbst bei günstigster Stellung der Platte und der Linsen das ganze Spektrum auf einer ebenen Fläche an allen Stellen gleichzeitig scharf abzubilden. Wie gross die Krümmung ist, soll nachstehend und durch Fig. 1 erläutert werden.

Als Lichtquelle diente der zwischen *Zink*-Elektroden überspringende elektrische Funke. Entfernung des Funkens vom Spalt etwa 14 *cm*. Spaltweite 0,007 *mm*. Objektivlinsen auf 15 *mm* mit Irisblenden abgeblendet. Expositionsdauer 45 Sek. Schiefstellung der Platte zur Linsenachse 27°. Winkel zwischen beiden Linsenachsen 134° 5′.

Jedes der vier untereinander befindlichen Spektren wurde bei veränderter Einstellung des Spaltrohres ausgeführt. Aufnahme 4 zeigt den mittleren Bezirk am schärfsten. Bei jeder folgenden Aufnahme wurde das Spaltrohr um 0,5 *mm* verlängert. In der ersten Aufnahme sind die Endbezirke am besten definirt.

Die Aufnahmen umfassen das Gebiet zwischen den Wellenlängen 4799 und 2024. Die der Wellenlänge 2024 entsprechende Linie ist in der Vergrösserung nicht mehr zu erkennen.

Fig. 2. *Definitionsprobe. Cadmium* (Nr. 111). Vier auf einem der Bildfläche entsprechend gekrümmten[2]) Film bei abnehmender Belichtung gemachte Aufnahmen. Entfernung des Funkens und Spaltweite wie zuvor. Schiefstellung der Platte 26° 15′. Objektivlinsen auf 15 *mm* abgeblendet. Die Belichtungszeiten betrugen: 60, 30, 15 und 3 Sek. Auf der Originalplatte sind bei der vierten Aufnahme die Linien 9 und 10 in 2 Linien aufgelöst, Linie 12 in 3, wovon die brechbarste ausserordentlich zart und fein hervortritt. In der gleichen Aufnahme ist im Original die Umkehrung der Linie zwischen den Linien 23 und 24 deutlich zu erkennen. (Umkehrung aber auch in den übrigen Aufnahmen bemerkbar.)

In der mit 60 Sek. Belichtung erhaltenen ersten Aufnahme wird die Umkehrung der Linie Nr. 26 deutlich erkennbar, ausserdem erscheint jenseits 26 eine feine zarte

[1]) Die in Klammern gesetzte Zahl giebt die Signatur der Platte an.

[2]) Bei fast allen meinen letzten Aufnahmen benützte ich eine Metallkassette mit gekrümmter, abnehmbarer Plattenauflage.

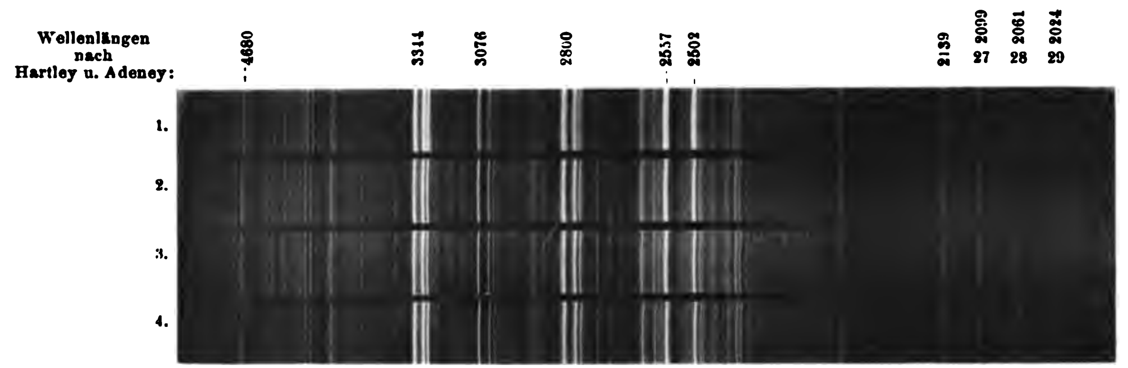


Fig. 1. **Zink** (Nr. 117). Probe der Bildkrümmung bei Benutzung von Glasnegativen.

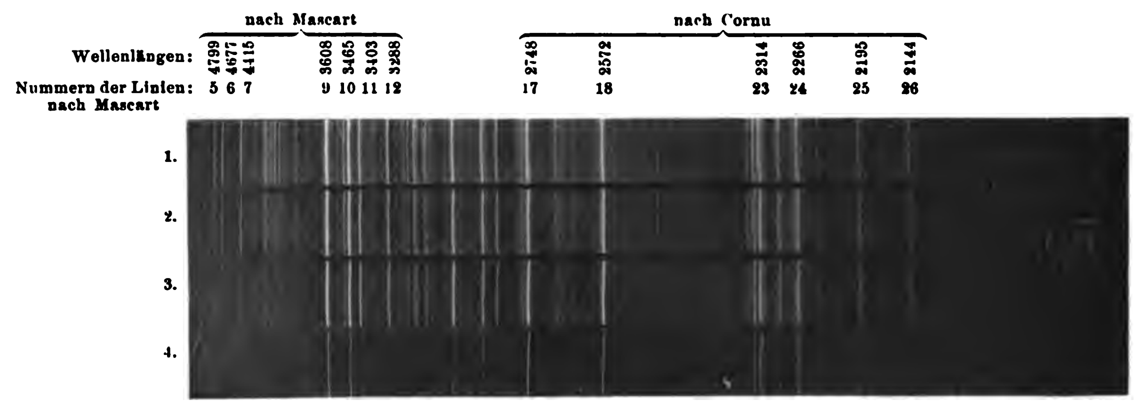


Fig. 2. **Cadmium** (Nr. 111). Definitionsprobe.

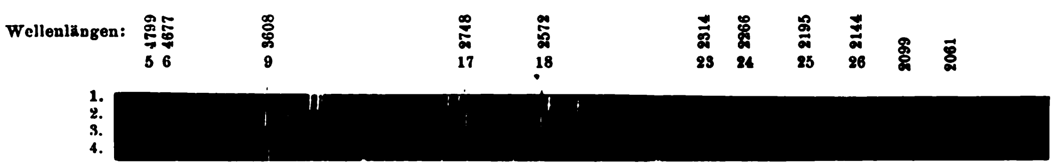


Fig. 3. 1. **Zink,** 2. **Cadmium,** 3. **Silber,** 4. **Aluminium** (Nr. 109)
aufgenommen nach dem Koïnzidenzverfahren.

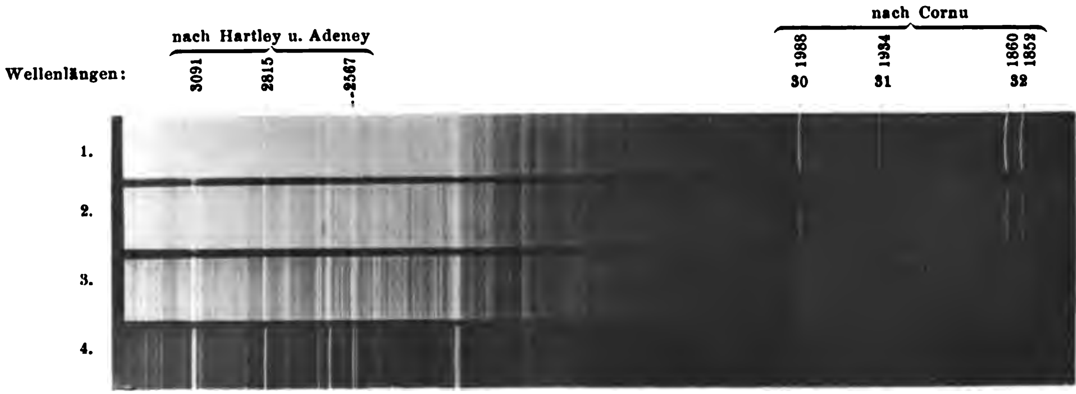


Fig. 4. **Aluminium** (Nr. 153). Im Ultraviolett mit der Wellenlänge 1852 endend.

Phot. C. Leiss.

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

Linie. Die Aufnahmen umfassen das Cadmium-Spektrum zwischen den Wellenlängen 4799 bis 2144. In Fig. 2 sind die Hauptlinien mit ihren Nummern und den zugehörigen Wellenlängen bezeichnet. Leider gehen durch die Vergrösserung und Reproduktion die Feinheiten des Originals natürlich zum Theil verloren.

Fig. 3. *1. Zink, 2. Cadmium, 3. Silber, 4. Aluminium* (Nr. 109), nach dem *Koinzidenzverfahren* aufgenommen. Entfernung des Funkens und Spaltweite wie bei den vorhergehenden Aufnahmen. Spaltlänge für jede einzelne der vier Aufnahmen 1 *mm*[1]). Winkel der beiden Linsenachsen 134° 5′. Winkel zwischen Platte (gekrümmter Film) und Linsenachse 26° 15′. Oeffnung der abgeblendeten Objektivlinsen 15 *mm*. Belichtungszeiten für die vier Aufnahmen: Zn 45 Sek., Cd 20 Sek., Ag 25 Sek., Al 120 Sek.

Der aufgenommene Bezirk liegt zwischen den Wellenlängen 4799 und 2024 (letztere Linie ist nicht mehr zu erkennen). Die brechbarsten Linien gehören dabei dem Zink (1. Aufnahme) an. Zur Orientirung sind die Hauptlinien des Cadmium-Spektrums (2. Aufnahme) mit deren Nummern und den zugehörigen Wellenlängen versehen.

Fig. 4. *Aluminium* (Nr. 153). Aufnahmegebiet zwischen den Wellenlängen 3467 und 1852. Entfernung des Funkens vom Spalt etwa 4 *cm*. Spaltweite 0,025 *mm*. Winkel der beiden Linsenachsen 131°. Winkel zwischen Platte (gekrümmter Film) und Linsenachse 29°. Oeffnung der abgeblendeten Objektivlinsen 20 *mm*. Expositionsdauer 6 Min., 2 Min., 50 Sek., 10 Sek.

Die brechbarsten Linien 30 (1988), 31 (1934) und 32 (1852) sind, wenn der Spalt zuerst genügend weit geöffnet und der Funke nahe an den Spalt gerückt ist, deutlich auf der zur Einstellung dienenden Uranglasplatte fluoreszirend erkennbar. Hat man die Linien einmal erkannt, so erblickt man sie auch noch bei engerem Spalte.

Die blassere, brechbarere Komponente der Doppellinie Nr. 31 gehört, wie V. Schumann zuerst gefunden, dem Silicium an. Reines Aluminium wird sie sonach nicht geben.

Infolge der langen Expositionsdauer ist der minderabgelenkte Theil des Ultraviolett stark überbelichtet und zu einem kontinuirlichen Band tiefer Schwärze angewachsen. Eine klare Definition der Linien ist daher, wenn die brechbarsten Linien gleichzeitig kräftig hervortreten sollen, in genanntem Bezirk unter Anwendung gewöhnlicher Gelatine-Platten weniger leicht zu erreichen, als mit den ultraviolett empfindlichen Platten Schumann'scher Präparation.

Die brechbarsten Hauptlinien des Spektrums sind mit ihren Nummern und den entsprechenden Wellenlängen versehen.

Formeln zur Berechnung der Mikroskopobjektive geringer Apertur.

Von

Dr. **H. Harting** in Jena.

In den *Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss., Wien. Math.-naturw. Klasse* ***107, IIa.*** *S. 624. 1898* habe ich eine Reihe von Formeln entwickelt, welche dazu dienen, die drei Radien eines zweitheiligen, verkitteten Mikroskopobjektives aus den gegebenen Glassorten, dem Arbeitsabstande und der Tubuslänge abzuleiten, und die von mir auf die Be-

[1]) Diese Koïnzidenzaufnahmen wurden nicht mit Hülfe der in *dieser Zeitschr.* ***17.*** *S. 323. 1897* (*Fig. 3*) beschriebenen Revolverscheibe, sondern mittels einer durch Schraube zu bewegenden Blendeinrichtung, die auf dem Spaltschlitten befestigt war, ausgeführt.

rechnung einer Wasserimmersion, sowie mehrerer Trockensysteme angewandt worden sind. Ich lasse im Folgenden eine Zusammenstellung dieser Formeln folgen.

Ich bezeichne mit σ_1 das Reziproke des Arbeitsabstandes, σ_3' das Reziproke der Entfernung des Bildpunktes von der letzten Fläche, n_0 den Brechungsquotienten der Immersion (bei Trockensystemen gleich 1), n_1 und n_2 die Brechungsquotienten der ersten und zweiten Linse, sämmtlich auf die D-Linie bezogen, und entsprechend mit dn_0, dn_1, dn_2 die zugehörigen Dispersionen zwischen C und F.

Dann ist zu bilden

$$N_1 = \frac{dn_1}{n_1} - \frac{dn_0}{n_0} \qquad L_1 = \frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_0}$$

$$N_2 = \frac{dn_2}{n_2} - \frac{dn_1}{n_1} \qquad L_2 = \frac{1}{n_2} - \frac{1}{n_1}$$

$$N_3 = \quad - \frac{dn_2}{n_2} \qquad L_3 = 1 - \frac{1}{n_2}$$

$$\varepsilon = \sigma_1 - \sigma_3'$$

$$a_1 = + \varepsilon \frac{N_2}{N_2 L_1 - N_1 L_2} \qquad b_1 = \frac{N_3 L_2 - N_2 L_3}{N_2 L_1 - N_1 L_2}$$

$$a_2 = - \varepsilon \frac{N_1}{N_2 L_1 - N_1 L_2} \qquad b_2 = \frac{N_1 L_3 - N_3 L_1}{N_2 L_1 - N_1 L_2}$$

$$h_1 = L_1 \left(\sigma_3' + L_2 a_2 - \frac{a_1}{n_0}\right) \qquad k_1 = L_1 \left(L_3 + L_2 b_2 - \frac{b_1}{n_0}\right)$$

$$h_2 = L_2 \left(\sigma_3' - \frac{a_2}{n_1}\right) \qquad k_2 = L_2 \left(L_3 - \frac{b_2}{n_1}\right)$$

$$h_3 = L_3 \sigma_3' \qquad k_3 = - \frac{L_3}{n_2}$$

$$A = b_1 k_1 + b_2 k_2 + k_3$$
$$B = b_1 h_1 + b_2 h_2 + h_3 + a_1 k_1 + a_2 k_2$$
$$C = a_1 h_1 + a_2 h_2$$
$$\mathfrak{A} = b_1^2 k_1 + b_2^2 k_2 + k_3$$
$$\mathfrak{B} = b_1^2 h_1 + b_2^2 h_2 + h_3 + 2a_1 b_1 k_1 + 2a_2 b_2 k_2$$
$$\mathfrak{C} = a_1^2 k_1 + a_2^2 k_2 + 2a_1 b_1 h_1 + 2a_2 b_2 h_2$$
$$\mathfrak{D} = a_1^2 h_1 + a_2^2 h_2$$
$$S_1 = A Q_3^2 + B Q_3 + C$$
$$S_2 = \mathfrak{A} Q_3^3 + \mathfrak{B} Q_3^2 + \mathfrak{C} Q_3 + \mathfrak{D}.$$

S_2 ist Null zu setzen und die kubische Gleichung für Q_3 aufzulösen; es wird damit die sphärische Abweichung auf der Achse annullirt. Ferner ist durch passende Auswahl der Glassorten dafür zu sorgen, dass S_1, der Ausdruck für die Erfüllung der Sinusbedingung, möglichst klein wird. Mit dem entweder aus $S_1 = 0$ oder $S_2 = 0$ gefundenen Werthe von Q_3 ist weiter zu berechnen

$$Q_1 = a_1 + b_1 Q_3 \qquad f_1 = h_1 + k_1 Q_3$$
$$Q_2 = a_2 + b_2 Q_3 \qquad f_2 = h_2 + k_2 Q_3$$
$$f_3 = h_3 + k_3 Q_3$$

und als Kontrole

$$S_1 = \Sigma Q_k f_k \qquad S_2 = \Sigma Q_k^2 f_k$$

$$\sigma_3 = \sigma_3' + \frac{n_2 - 1}{n_2} Q_3$$

$$\sigma_2 = \sigma_3' + \frac{n_2 - 1}{n_2} Q_3 + \frac{n_1 - n_2}{n_1 n_2} Q_2$$

$$\sigma_1 = \sigma_3' + \frac{n_2 - 1}{n_2} Q_3 + \frac{n_1 - n_2}{n_1 n_2} Q_2 + \frac{n_0 - n_1}{n_0 n_1} Q_1.$$

$\frac{1}{\sigma_k}$ bezüglich $\frac{1}{\sigma_k'}$ ist der Abstand des Schnittpunktes des an der $(k-1)$ten bezw. $k$ten Fläche gebrochenen Strahles mit der Achse vom Scheitel der $k$ten Fläche.

Schliesslich erhält man die Radien r_1, r_2, r_3, bezüglich deren reziproke Werthe ϱ_1, ϱ_2, ϱ_3

$$\varrho_1 = \frac{1}{r_1} = \frac{Q_1}{n_0} + \sigma_1$$
$$\varrho_2 = \frac{1}{r_2} = \frac{Q_2}{n_1} + \sigma_2$$
$$\varrho_3 = \frac{1}{r_3} = \frac{Q_3}{n_2} + \sigma_3 .$$

Als Kontrole für die h und k dienen die Gleichungen

$$h_1 + h_2 + h_3 = \sigma_3' - \frac{\sigma_1}{n_0}$$
$$k_1 + k_2 + k_3 = 0 .$$

Im Falle eines Trockensystemes wird $n_0 = 1$

$$N_1 + N_2 + N_3 = L_1 + L_2 + L_3 = 0$$
$$b_1 = b_2 = +1$$
$$\mathfrak{A} = A = 0$$

und die reziproke Brennweite φ

$$\varphi = \frac{n_1 - 1}{n_1}(Q_1 - Q_2) + \frac{n_2 - 1}{n_2}(Q_2 - Q_3).$$

Um von dem so errechneten System unendlich dünner Linsen auf ein System mit endlichen Dicken überzugehen, rechne man einen parachsialen Strahl mit den ermittelten Radien und passend gewählten Dicken d_1 und d_2 durch und bilde die Ausdrücke

$$\overline{Q_k} = n_{k-1}(\varrho_k - \sigma_k) = n_k(\varrho_k - \sigma_k')$$
$$\overline{\Gamma} = \sum_1^3 \left(\frac{h_k}{h_1}\right)^2 Q_k \left(\frac{dn_k}{n_k} - \frac{dn_{k-1}}{n_{k-1}}\right)$$
$$\overline{S_1} = \sum_1^3 \left(\frac{h_k}{h_1}\right)^3 Q_k \left(\frac{\sigma_k'}{n_k} - \frac{\sigma_k}{n_{k-1}}\right)$$
$$\overline{S_2} = \sum_1^3 \left(\frac{h_k}{h_1}\right)^4 Q_k^2 \left(\frac{\sigma_k'}{n_k} - \frac{\sigma_k}{n_{k-1}}\right),$$

$$\text{wo} \quad \frac{h_k}{h_1} = \frac{\sigma'_{k-1}}{\sigma_k} \cdot \frac{\sigma'_{k-2}}{\sigma_{k-1}} \cdots\cdots \frac{\sigma'_1}{\sigma_2} \quad \text{ist,}$$

und die $\overline{\sigma}$, $\overline{\sigma'}$ und $\overline{Q}$ der Durchrechnung des parachsialen Strahles entnommen werden.

$\overline{\Gamma}$, der Ausdruck für die chromatische Abweichung, und $\overline{S_2}$ sind nicht mehr Null, ebenso wird $\overline{\sigma_3'}$ bedeutend grösser als das der ganzen Rechnung zu Grunde gelegte σ_3'. Man bilde nun mit den der Durchrechnung entnommenen Werthen $\overline{Q}$ und $\overline{\sigma}$

$$\frac{\partial \sigma_3'}{\partial Q_1} = \left(\frac{1}{n_0} - \frac{1}{n_1}\right)(1 + 2\,d_1\,\sigma_2 + 2\,d_2\,\sigma_3)$$
$$\frac{\partial \sigma_3'}{\partial Q_2} = \left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2}\right)(1 + 2\,d_2\,\sigma_3)$$
$$\frac{\partial \sigma_3'}{\partial Q_3} = \frac{1}{n_2} - 1$$
$$\frac{\partial \Gamma}{\partial Q_1} = N_1 - 2\,[d_1\,Q_2\,N_2 + (d_1 + d_2)\,Q_3\,N_3]\left(\frac{1}{n_0} - \frac{1}{n_1}\right)$$
$$\frac{\partial \Gamma}{\partial Q_2} = N_2(1 - 2\,d_1\,\sigma_2) - 2\,d_2\,Q_3\,N_3\left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2}\right)$$
$$\frac{\partial \Gamma}{\partial Q_3} = N_3(1 - 2\,d_1\,\sigma_2 - 2\,d_2\,\sigma_3)$$

$$\frac{\partial S_2}{\partial Q_1} = \left(\frac{1}{n_0} - \frac{1}{n_1}\right) \Big\{ 3\frac{Q_1^2}{n_1} - 2\,Q_1\,\sigma_1 - Q_2^2\left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2}\right) - Q_3^2\left(\frac{1}{n_2} - 1\right) + 8\,d_1\,\sigma_2\,Q_2^2\left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2}\right)$$
$$+ 4\,d_1\,\sigma_2\,Q_3^2\left(\frac{1}{n_2} - 1\right) + 8\,d_2\,\sigma_3\,Q_3^2\left(\frac{1}{n_2} - 1\right) - 4\,d_1\frac{Q_2^2}{n_2}\left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2}\right)$$
$$- 4\,(d_1 + d_2)\left(\frac{1}{n_2} - 1\right) Q_3^2 + 4\,d_1\left(\frac{1}{n_2} - 1\right)\sigma_3\,Q_3^2 \Big\}$$

$$\frac{\partial S_2}{\partial Q_2} = \left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2}\right) \Big\{ \left[3\frac{Q_2^2}{n_2} - 2\,Q_2\,\sigma_2 - Q_3^2\left(\frac{1}{n_2} - 1\right)\right](1 - 4\,d_1\,\sigma_2)$$
$$+ 8\,d_2\,\sigma_3\,Q_3^2\left(\frac{1}{n_2} - 1\right) - 4\,d_2\,Q_3^2\left(\frac{1}{n_2} - 1\right) \Big\}$$

$$\frac{\partial S_2}{\partial Q_3} = \left(\frac{1}{n_2} - 1\right) \Big\{ 3\,Q_3 - 2\,\sigma_3 \Big\}\, Q_3\,(1 - 4\,d_1\,\sigma_2 - 4\,d_2\,\sigma_3).$$

Diese Grössen treten als Koëffizienten in folgenden Gleichungen auf:

$$\Delta Q_1\,\frac{\partial\sigma_3'}{\partial Q_1} + \Delta Q_2\,\frac{\partial\sigma_3'}{\partial Q_2} + \Delta Q_3\,\frac{\partial\sigma_3'}{\partial Q_3} = \sigma_3' - \overline{\sigma_3'}$$
$$\Delta Q_1\,\frac{\partial\Gamma}{\partial Q_1} + \Delta Q_2\,\frac{\partial\Gamma}{\partial Q_2} + \Delta Q_3\,\frac{\partial\Gamma}{\partial Q_3} = -\overline{\Gamma}$$
$$\Delta Q_1\,\frac{\partial S_2}{\partial Q_1} + \Delta Q_2\,\frac{\partial S_2}{\partial Q_2} + \Delta Q_3\,\frac{\partial S_2}{\partial Q_3} = -\overline{S_2}\,.$$

Hieraus sind die drei Grössen ΔQ zu berechnen, die zu den $\overline{Q}$ addirt die definitiven Q ergeben, aus denen wie vorher die neuen Radien folgen, welche mit den angenommenen Dicken kombinirt ein System liefern, das bei gegebenem Arbeitsabstande und Tubuslänge frei von sphärischer und chromatischer Abweichung ist und die Sinusbedingung erfüllt.

Beispiel: $n_0 = 1$

$n_1 = 1{,}57332$ $\quad dn_1 = +\,0{,}00998$ (schweres Barium-Silikat-Crown)

$n_2 = 1{,}62059$ $\quad dn_2 = +\,0{,}01714$ (gewöhnliches Silikat-Flint)

$\sigma_1 = -\,0{,}027778$ $\quad \sigma_3' = +\,0{,}005556$

$\log N_1 = 7{,}8023$ $\quad \log L_1 = 9{,}5616\ n$

$\log N_2 = 7{,}6265$ $\quad \log L_2 = 8{,}2681\ n$

$\log N_3 = 8{,}0243$ $\quad \log L_3 = 9{,}5831$

$h_1 = +\,0{,}03307$ $\quad k_1 = +\,0{,}2319$

$h_2 = -\,0{,}00185$ $\quad k_2 = +\,0{,}0047$

$h_3 = +\,0{,}00213$ $\quad k_3 = -\,0{,}2366$

$a_1 = +\,0{,}09904$ $\quad a_2 = -\,0{,}1485$

$S_1 = +\,0{,}05561\ Q_3 + 0{,}003550$

$S_2 = +\,0{,}07788\ Q_3^2 + 0{,}009479\ Q_3 + 0{,}0002835 = 0.$

Aus der einen Wurzel der Gleichung $S_2 = 0 : Q_3 = -\,0{,}05293$ folgt

$Q_2 = -\,0{,}2014$ $\quad r_1 = +\,54{,}56$

$Q_1 = +\,0{,}04611$ $\quad r_2 = -\ \ 7{,}195$

$S_1 = +\,0{,}0006072$ $\quad r_3 = -\,21{,}11\,.$

Unter der Annahme $d_1 = +\,1{,}5$, $d_2 = +\,1{,}0$ werden aus der Durchrechnung des parachsialen Strahles

$$\overline{\sigma_3'} = +\,0{,}006176, \quad \overline{\Gamma} = +\,0{,}00001279, \quad \overline{S_2} = +\,0{,}000001416$$

und die Korrektionsgleichungen mit logarithmischen Koëffizienten

$$+\,7{,}4042\ \Delta Q_1 + 7{,}1257\ \Delta Q_2 - 7{,}4325\ \Delta Q_3 = -\,4{,}1511$$
$$+\,7{,}7721\ \Delta Q_1 + 7{,}6383\ \Delta Q_2 - 8{,}0500\ \Delta Q_3 = -\,5{,}1069$$
$$+\,9{,}5343\ \Delta Q_1 + 8{,}2555\ \Delta Q_2 - 9{,}5832\ \Delta Q_3 = -\,6{,}7928\,,$$

hieraus

$$\Delta Q_1 = +\,0{,}000893\,, \qquad Q_1 = +\,0{,}04700$$
$$\Delta Q_2 = +\,0{,}00237\,, \qquad Q_2 = -\,0{,}1993$$
$$\Delta Q_3 = +\,0{,}002529\,, \qquad Q_3 = -\,0{,}05102$$
$$\Gamma = +\,0{,}00000029\,, \qquad S_J = -\,0{,}000000254$$
$$r_1 = +\,52{,}03$$
$$r_2 = -\;\;7{,}291$$
$$r_3 = -\,22{,}00\,.$$

Eine Durchrechnung der vom Objekt unter 6°, 4°, 2° und unendlich wenig gegen die Achse geneigt ausgehenden Strahlen ergab folgende Werthe:

Strahl	Schnittweite	Sinusverhältniss logarithmisch
C-Achse	180,39	0,6869
F-Achse	180,37	0,6868
D-Achse	179,93	0,6858
D 2°	179,98	0,6857
D 4°	180,67	0,6867
D 6°	184,17	0,6936
C 6°	183,72	0,6926
F 6°	187,38	0,7009 .

Durch eine kleine trigonometrische Ausgleichung lassen sich die Aberrationsreste bedeutend verkleinern. In ähnlicher Weise ist die Rechnung für den zweiten Wurzelwerth von Q_3 durchzuführen; schliesslich sind beide errechneten Systeme in bekannter Weise auf ihr Verhalten ausserachsialen Strahlen gegenüber zu untersuchen.

Jena, Optische Werkstaette von C. Zeiss, 31. August 1898.

Beleuchtungsvorrichtungen für Polarisationsapparate und Saccharimeter.

Von

Dr. **F. F. Martens.**

(Mittheilung aus der optischen Werkstaette von Franz Schmidt & Haensch in Berlin.)

Damit das Polarisatordiaphragma eines Halbschattenapparates bei beliebiger Helligkeitsvertheilung in der Lichtquelle gleichmässig hell beleuchtet wird, bringt man nach Lippich[1]) am Polarisator eine Beleuchtungslinse an, welche von der Lichtquelle in der Nähe des Analysatordiaphragmas ein Bild entwirft.

1. Fig. 1 zeigt einen zweitheiligen Lippich'schen Polarisator mit den Nikols N_1 und N_2 sowie der Beleuchtungslinse K_1. Die Brennweite der Beleuchtungslinse wird bei allen Apparaten der Firma Franz Schmidt & Haensch so gewählt, dass die Lichtquelle 14 *cm* von der Linse entfernt sein muss, um in der Nähe des Analysatordiaphragmas abgebildet zu werden. Bei dieser Anordnung können *beliebige Lichtquellen* (Spektroskopspalte, Glühlampenfäden, sowie ausgedehnte Lichtquellen) verwendet werden.

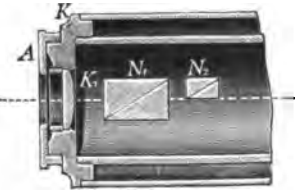


Fig. 1.

[1]) F. Lippich, Ueber polaristrobometrische Methoden, insbesondere über Halbschattenapparate. *Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss., Wien. Math.-naturw. Klasse.* ***91, IIa.*** *S. 1059. 1885;* vgl. ferner O. Schönrock, Apparate und Methoden zur Bestimmung der spezifischen Drehung, Theil IV in H. Landolt, Das optische Drehungsvermögen. Zweite Aufl. 1898. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn.

2. Soll zur Beleuchtung stets eine *ausgedehnte Lichtquelle*, z. B. eine kleine Auer'sche Lampe mit mattirtem Zylinder, gebraucht werden, so wird anstatt des Abschlussringes A (Fig. 1) das Blendrohr[1]) B (Fig. 2) auf den Ring K geschraubt. Die Beleuchtungslinse entwirft von der engen, am Ende des Rohres befindlichen Oeffnung A' ein Bild, welches mit dem Analysatordiaphragma gleiche Lage und Grösse hat. Man kann dann die Lichtquelle schnell richtig, d. h. 1 bis 2 *cm* von A' entfernt, aufstellen; ein weiterer Vortheil ist der, dass alles Licht am Eintritt in den Apparat verhindert wird, welches nicht zur Abbildung des Polarisatordiaphragmas wirksam ist. Ein Schirm S schützt das Auge vor direkten Strahlen der Lichtquelle.

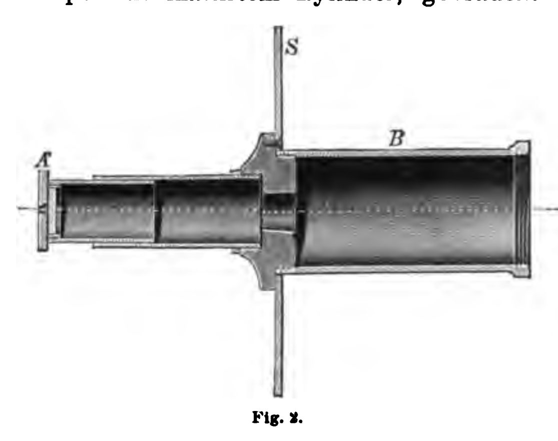


Fig. 2.

3. Verwendet man als Lichtquelle einen Glühlampenfaden, so ist die Länge des im Analysatordiaphragma abgebildeten wirksamen Theiles dem Abstand des Fadens von der Beleuchtungslinse direkt proportional; jedes Flächenelement des wirksamen Theiles sendet auf die Beleuchtungslinse eine Lichtmenge, welche dem

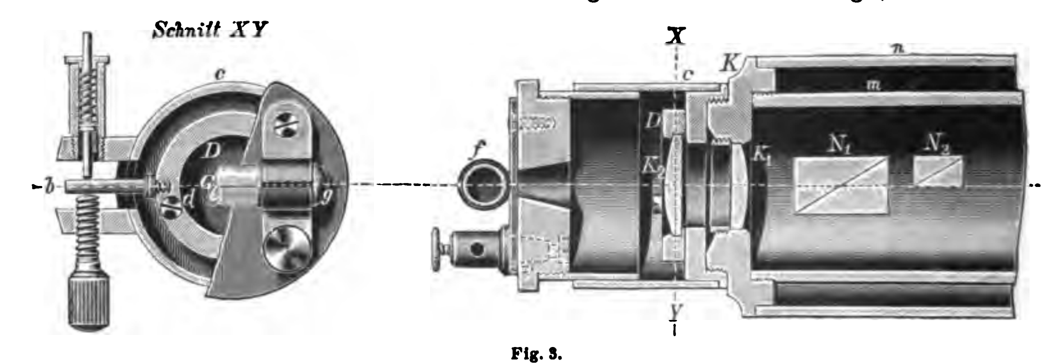
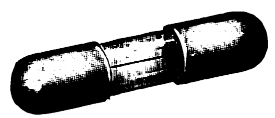


Fig. 3.

Quadrate des Fadenabstandes umgekehrt proportional ist. Daraus folgt, dass die gesammte wirksame Lichtmenge dem Fadenabstand umgekehrt proportional ist. Mit der Annäherung des Glühfadens wächst also die Helligkeit, ferner verringert sich die erforderliche Länge des Glühfadens. Auf Grund dieser Vortheile ist die in Fig. 3 dargestellte *Beleuchtungsvorrichtung mit Glühlampe*[2]) konstruirt worden. Die Vorrichtung kann ebenso wie der Abschlussring A (Fig. 1) und das Blendrohr B (Fig. 2) auf den Ring K geschraubt werden. Die Glühlampe (Fig. 4), nach Angabe des Verf. von der Firma Siemens & Halske hergestellt, braucht 0,5 *A* und brennt bei 6 *V*. Zwei Klemmen führen den Strom zu zwei federnden Ringen, in welche die Lampe einfach hineingesteckt wird. Die Linse K_2 entwirft von dem Glühfaden ein virtuelles, von K_1 14 *cm* entferntes Bild, die Linse K_1 bildet den Faden in der Nähe des Analysatordiaphragmas ab. Da der horizontale Faden nicht immer genau zentrisch zur Fassung liegt, ist eine


Fig. 4.

[1]) D.R.G.M. 100 892.
[2]) D.R.G.M. 100 891.

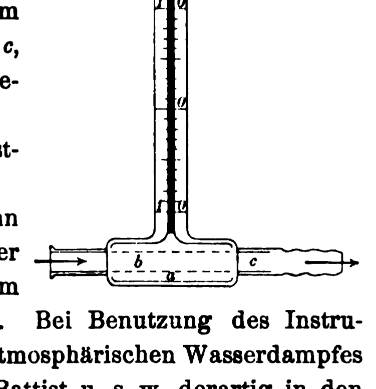
Justirung in vertikaler Richtung nöthig; um die Justirung zu bewirken, dreht man den Ring *D*, welcher die Linse K_2 trägt, mittels Schraube und Federhäuschen *b* um die Schraube *d* als Achse.

Die Beleuchtung ist für das Auge des Beobachters angenehmer und auch bei weniger sorgfältiger Justirung der Lampe vollkommen gleichmässig, wenn die Glaswand der Glühlampe eine leichte, der Politur nahekommende Mattirung erhält.

Ueber ein Aspirationsthermometer.

Von
Paul Fuchs in Ilmenau.

Das im Folgenden beschriebene Aspirationsthermometer ist hervorgegangen aus längeren Thaupunkts-Beobachtungen mit dem Daniell'schen Hygrometer. Die vielen Hindernisse und Fehlerquellen, welche diesem Instrumente anhaften, waren Veranlassung, einen anderen experimentellen Weg zur Ermittelung der Sättigungstemperatur des atmosphärischen Wasserdampfes zu ersinnen. Als einfachste und zugleich die geringsten Fehlerquellen mit sich bringende Methode bot sich diejenige dar, das Quecksilbergefäss selbst, ohne Benutzung von Temperatur-Variationen übertragenden Substanzen, bis zu dem Punkt abzukühlen, bei welchem der in der Luft vorhandene Wasserdampf seinen Sättigungspunkt erreicht.



Ferner wurde das Aspirationsthermometer auch als Psychrometer zur Berechnung der Spannkraft des atmosphärischen Wasserdampfes benutzt und die auf diese Weise ermittelten Werthe direkt mit denen aus den Thaupunkts-Beobachtungen abgeleiteten verglichen. Eine weitere Verwendung fand dasselbe hierbei als Thermometer zur Ermittelung der mittleren Lufttemperatur. Die Neueinrichtung des Aspirationsthermometers besteht in dem das Quecksilbergefäss *a* durchsetzenden Hohlraum *b* (vgl. die Figur); derselbe wird gebildet aus einer mit dem zylindrischen Quecksilbergefäss verschmolzenen Röhre *c*, welche an der einen Seite ein Schlauchstück zur bequemen Verbindung mit dem Aspirator trägt.

Der Gradumfang der Instrumente wird sich selbstverständlich nach den verlangten Zwecken richten.

Gegenüber dem Daniell'schem Hygrometer kann das hier beschriebene Aspirationsthermometer auf Fehler untersucht und durch entsprechende Theilung bequem zu einem fundamental bestimmbaren gemacht werden. Bei Benutzung des Instruments zur Ermittlung der Sättigungs-Temperatur des atmosphärischen Wasserdampfes bringt man ein zu einem Zylinder aufgerolltes Stück Battist u. s. w. derartig in den Hohlraum *b*, dass dasselbe an der dem Schlauchstück abgewandten Seite um einige Zentimeter heraussteht. Das überstehende Ende wird über das Glasrohr gelegt und mit einem Faden festgebunden, damit dasselbe bei der Aspiration eines Luftstromes nicht in den Schlauch gesogen wird.

Mittels einer an der Ausflussspitze schwach gebogenen Vollpipette bringt man sodann Aethyläther in den Innenraum und verbindet das Schlauchstück mit dem

Aspirator. Bequem zu verwenden sind hierzu Gummisauger, wie solche zum Ansaugen von Gasproben bei Gasanalysen gebraucht werden. Der Inhalt derselben beträgt durchschnittlich 250 *ccm*. Man hat es durch entsprechende Bewegungen mit der Hand ganz in der Gewalt, einen Luftstrom schnell oder langsam durch den Verdunstungsraum gehen zu lassen. Zur Ermittlung psychrometrischer Differenzen mit dem Aspirationsthermometer empfiehlt es sich, letzteres aussen und innen zu befeuchten. Man schneidet aus dem aus dem Innenraum des Quecksilbergefässes hervorragenden Battiststreifen ein rechteckiges Stück heraus, sodass die Thermometer-Kapillare beim Umbinden der äusseren Peripherie des Gefässes nicht stört und lässt die beiden Enden in eine Schale mit Wasser tauchen.

Bemerkenswerth ist, dass ein Aspirationsthermometer mit äusserer und innerer Verdunstungsoberfläche, ohne dass eine Aspiration von Luft durch den Innenraum erfolgt, bei gleichen äusseren Umständen ständig einen um einige zehntel Grad tieferen Quecksilberstand angiebt als ein gewöhnliches Psychrometer-Thermometer.

Beim Durchsaugen von Luft durch das befeuchtete Thermometer fällt der Quecksilberfaden gewöhnlich zuerst schnell, dann langsamer, um endlich längere Zeit auf einem Minimum zu verharren. Darauf beginnt der Faden wieder zu steigen, weil in Folge der sodann vollständig beendeten Verdampfung des Wassers bei weiterer Aspiration Luft durch das Gefäss gesogen wird. Der niedrigste Stand wird notirt. Die zu vorläufigen Beobachtungen verwandten Aspirationsthermometer Nr. 5 und 6 waren Stabthermometer aus Jenaer Glas 16^{III}; sie wurden zur Ermittlung ihrer Fehler an das Normal P. T. R. II Nr. 9575/1897 angeschlossen.

Bei Vergleichungen mit dem Schleuder-Psychrometer wurden die Angaben desselben auf die Thermometer Fuess Nr. 1137 und 1138 (P. T. R. II Nr. 9647 u. 9648) bezogen.

Die angestellten Versuche bezweckten einmal die Feststellung einer eventuellen konstanten Differenz in der Dampfspannung des atmosphärischen Wasserdampfes, ermittelt aus Thaupunkts-Beobachtungen und aus der psychrometrischen Differenz, und sodann die Vergleichung von Schleuder- und Sauge-Psychrometern.

Es soll hier davon abgesehen werden, die Beobachtungen ausführlich mitzutheilen. Es ergab sich, dass der Fehler einer Bestimmung der Spannkraft des atmosphärischen Wasserdampfes aus Thaupunkts-Beobachtungen gegenüber dem aus psychrometrischen Differenzen abgeleiteten Werthe im Mittel aus 10 Bestimmungen etwa $^1/_2$ *mm* Quecksilber-Säule betrug, und zwar waren die nach der ersteren Methode erhaltenen Zahlen stets kleiner. Es sei hier noch bemerkt, dass äusserer Umstände halber als Resultat nicht das Mittel der Temperaturen notirt wurde, bei welchen der Feuchtigkeitshauch auftrat und verschwand, sondern nur die letztere Temperatur.

Bei den Vergleichungen mit den Schleuderpsychrometern wurde das Aspirationsthermometer Nr. 5 als trockenes und Nr. 6 als feuchtes Thermometer benutzt. Die Temperaturen der trockenen Thermometer lagen bei 12 Vergleichungen zwischen 8^0 und 26^0 C.; die psychrometrischen Differenzen betrugen $1{,}5^0$ bis $3{,}8^0$ C. Es ergab sich kein systematischer Unterschied in den nach beiden Methoden erhaltenen Ergebnissen. Die grösste Differenz war $0{,}15^0$ C.

Das hier beschriebene Aspirationsthermometer soll in erster Linie zur Bestimmung des Wasserdampfgehaltes der Luft aus der Beobachtung der Sättigungstemperatur derselben dienen. Seine Anwendung wird sich vor allen Dingen für Temperaturen unter Null empfehlen, bei welchen die Bestimmung psychrometrischer Differenzen mit Schwierigkeiten verknüpft ist.

Neuer Kompensationskompass und neuer Deflektor von H. Florian.

Von
E. Gelcich in Triest.

Um die Behandlung der Kompasskompensation für praktische Seeleute so einfach als möglich zu gestalten, wendet H. Florian unveränderliche B- und C-Korrektoren an. Unter der Kompassbüchse befindet sich eine vertikale Achse, an welcher zwei um ihren Mittelpunkt in einer vertikalen Ebene drehbare Magnete angebracht sind, einer davon kann seine Drehung in der Längschiffs- (B), der andere in der Querschiffsebene (C) vollziehen. — Wenn die Korrektoren senkrecht stehen, so ist ihre Wirkung natürlich Null und erzeugen dieselben eine um so grössere künstliche Deviation, je grösser der Winkel ist, den sie mit der Vertikalen bilden. Jeder Korrektor ist mit einer getheilten Scheibe verbunden, an welcher nicht die Grade der erfolgten Neigung, sondern direkt der Betrag der jener Stellung des Korrektors entsprechenden künstlichen Deviation abgelesen wird.

Die Kompensation der quadrantalen Deviation erfolgt durch einen Typ — e. Der bezügliche Korrektor ist an einer Achse verschiebbar, die ebenfalls nach dem Betrage der erzeugten künstlichen Deviation getheilt ist. Für eine eventuelle Korrektion von E ist der Korrektor in der Horizontalebene drehbar.

Der *Deflektor* von Florian beruht auf dem Prinzip, dass, wenn man an einem eisenfreien Ort am Lande einen künstlichen Magneten derart über der Kompassnadel anbringt, dass die Mittelpunkte der beiden Magnete in einer Vertikalebene liegen, und die Magnete selbst einen Winkel von 45° einschliessen, die Richtkraft der Nadel unverändert bleibt, sobald man die Entfernung des Deflektors von der Nadel derart regelt, dass letztere um 90° abgelenkt wird. Der Apparat besteht nun aus einem einfachen vertikalen Rahmen, in dem sich ein Deflektionsmagnet auf und ab bewegen lässt. Eine Theilung zeigt für jede Horizontalintensität die Stellung an, welche der eben besprochenen Stellung des Deflektionsmagnetes am Lande entspricht. Bringt man nun den Deflektor über den Kompass eines eisernen oder mit Eisen beladenen Schiffes und stellt ihn auf den entsprechenden Theilstrich ein, so wird die Nadel nicht mehr um 90°, sondern je nach der Kardinalrichtung des Schiffes verschieden abgelenkt, und zwar, wenn man die durch die Typen a und e verursachten Deviationen mit a und e bezeichnet, wird man haben (Deflektor links von der Nadel):

im künstlichen Westkurs $\alpha_N = -B + a,$
im künstlichen Nordkurs $\alpha_E = +C + e,$
im künstlichen Ostkurs $\alpha_S = +B + a,$
im künstlichen Südkurs $\alpha_W = -C + e,$
woraus folgt

$$B = \frac{1}{2}(\alpha_S - \alpha_N),$$

$$C = \frac{1}{2}(\alpha_E - \alpha_W).$$

Da nun

$$\mathfrak{D} = \frac{1}{\lambda}\frac{a-e}{2},$$

so folgt weiter

$$D = \frac{1}{4}[\alpha_S + \alpha_W - (\alpha_N + \alpha_S)].$$

Der Gebrauch des Deflektors für die Bestimmung der Koëffizienten bedarf keiner weiteren besonderen Erklärung.

Der neue Kompass von Florian steht schon auf einigen Schiffen der Oesterreichisch-Ungarischen Handelsmarine in Verwendung. Exemplare des Deflektors sind ebenfalls schon mehrere verfertigt worden; u. a. sind alle Navigationsschulen Oesterreich-Ungarns mit diesen Instrumenten bereits versehen.

Neue Kompassrose. Damit die Kompassrose gegen Sextantaldeviationen unempfindlich sei, müssen vier Nadeln angewendet werden; die von denselben mit der NS-Linie eingeschlossenen Winkel haben der Bedingung zu entsprechen

$$\alpha \pm \beta = 60^{\circ}.$$

Vor Jahren bereits hat Prof. Budinich (Navigationsschule in Fiume) in der *Rivista della Marina Mercantile* die Gleichungen für eine Rose abgeleitet, welche gegen Oktantaldeviationen immun sein sollte; es ist für diesen Fall die Bedingung zu erfüllen

$$\alpha \pm \beta = 45^{\circ}.$$

Damit weder Oktantal- noch Sextantaldeviation vorhanden sei, muss beiden Bedingungen entsprochen werden, nämlich

$$\alpha + \beta = 60^{\circ},$$
$$\alpha - \beta = 45^{\circ},$$

woraus folgt

$$2\alpha = 105, \qquad \alpha = 52\,{}^{1}/_{2},$$
$$2\beta = 15, \qquad \beta = 7\,{}^{1}/_{2}.$$

Meines Wissens sind Rosen mit derart vertheilten Nadeln noch nicht verfertigt worden. Ich habe daher den Mechaniker Herrn P. Stolfa in Triest veranlasst, eine solche Rose herzustellen. Dieselbe ist mir soeben zugegangen, und es sollen nun mit derselben eingehende Untersuchungen am Justirapparat der K. K. Handels- und nautischen Akademie in Triest vorgenommen worden. Die Resultate werden seiner Zeit in dieser Zeitschrift bekannt gemacht.

Neue Kompensation von P. Stolfa. Der Mechaniker P. Stolfa in Triest hat einen neuen Kompensationsapparat erdacht und ausgeführt, auf dem die Kompensatoren ihre Bewegungen in ganz anderer Weise ausführen, als es bisher üblich war. Die Beschreibung des neuen Apparates wird demnächst erfolgen.

Strahlenzieher.

Von
Prof. **Jordan** in Hannover.

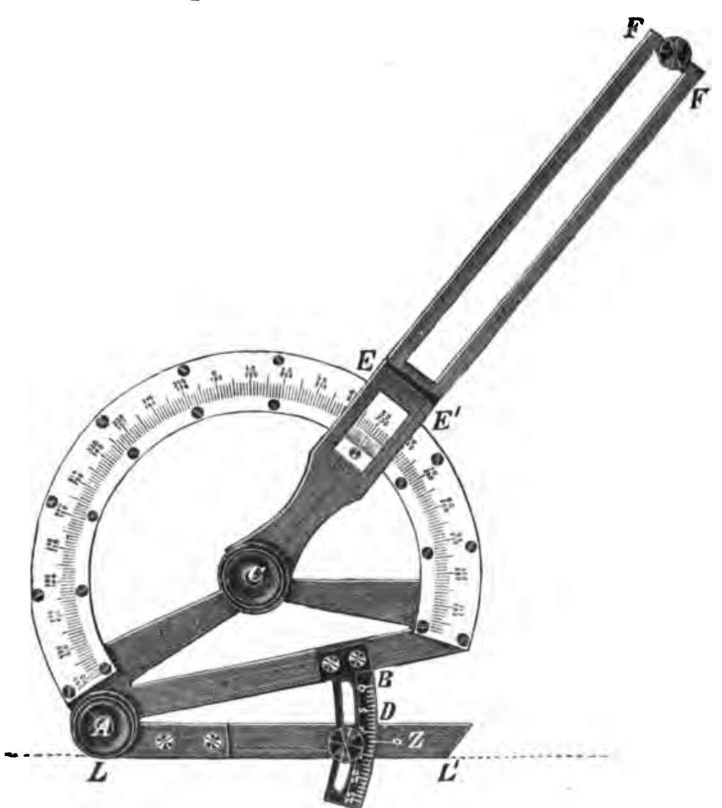
Bei der Konkurrenz zwischen Messtisch-Aufnahmen und Tachymeter-Theodolit-Aufnahmen spielt die Art und Weise der Strahlenaufzeichnung auf dem Zimmerarbeitstische im zweiten Falle wohl die wichtigste Rolle. Alles Andere, Entfernungsmessung zwischen den Okularfäden des Fernrohrs, Reduktion $l \cos^2 \alpha$ und Höhen ${}^{1}/_{2} l \sin 2\alpha$, auch die Kompassorientirung u. a. sind in beiden Fällen fast gleich, nur das Auftragen der Strahlen und die ganze Zeichnung, die damit zusammenhängt, ist in beiden Fällen erheblich verschieden.

Man hat daher seit Einführung der Tachymetrie mit Theodolit (welche jetzt allgemein „Tachymetrie" schlechthin genannt wird) zahlreiche Konstruktionen von „Transporteuren", „Protraktoren", „Strahlenziehern" u. s. w. ersonnen, von denen ein schon seit Jahrzehnten von mir gebrauchter, in etwas neuer Form in nachstehender Figur (in etwa ${}^{1}/_{2}$ nat. Gr.) dargestellter näher beschrieben werden soll.

Das Wesentliche an der Konstruktion ist, dass der Mittelpunkt C, um welchen sich der Alhidadenarm dreht, *nicht* durch denjenigen Punkt der Zeichnung gelegt

wird, von dem aus die Strahlen gezogen werden sollen, und dass nicht *eine* durch den Mittelpunkt C gehende Ziehkante vorhanden ist, sondern beliebig viele, unter sich parallele Linealkanten, z. B. EF, dann $E'F'$ und ausserdem die beiden *inneren* Kanten in dem Rahmen $EFF'E'$, sodass man je nach Stellung und Beleuchtung vier Möglichkeiten der Bleistift-Strichziehung hat.

Eine Besonderheit ist der Hülfsbogen BD mit dem Zeiger Z, welcher dazu dient, um magnetische Azimute auf astronomische bezw. trigonometrische Azimute zu reduziren. Hat man z. B. bei uns die magnetische Deklination $d = 12{,}0^0$ westlich, so stellt man durch Drehung um A den Zeiger Z auf $12{,}0^0$ der Theilung BD und hat dann das an der Senkrechten zu LL' gezählte Azimut an der Alhidade von selbst immer



um 12^0 kleiner, als der Alhidadenzeiger angiebt, d. h. das, was man bei 12^0 westlicher Deklination haben will. Auch die *zwei* Theilungen auf dem Hauptbogen erklären sich wohl von selbst so, dass die äussere Theilung, z. B. mit 50^0, für Strahlen nach auswärts, und die innere Theilung, z. B. 230^0, für Strahlen nach rückwärts (Richtung FE oder $F'E'$) gilt.

Im Uebrigen ist die Handhabung des Instrumentes einfach diese: Man bedient sich einer gewöhnlichen Reissschiene (mit links am Reissbrett anschlagendem Kopfe) und legt an die Kante dieser Reissschiene die untere Kante LL' des Werkzeugs, stellt den Dreharm auf das beabsichtigte Azimut, z. B. 50^0 oder 230^0, und verschiebt das Ganze parallel (nöthigenfalls auch nochmals die Reissschiene selbst), sodass nun irgend eine der vier Ziehkanten durch den Punkt der Zeichnung geht, von dem der Strahl ausgehen soll. Die kleinen Verbesserungen des in vorstehender Figur dargestellten Instrumentes gegen frühere schon von mir gemachte Mittheilungen (z. B. in meinem „Handbuch der Vermessungskunde“ 5. Aufl. 1897. 2. Band. *S. 688*)

bestehen erstens in der Herstellung der Theilung auf Celluloid (wie bei den weissen Rechenschiebern), was für das Auge angenehmer ist, als Theilung auf Metall, zweitens in der Rahmenform der Alhidade, welche *vier* Ziehkanten bietet, drittens in der Ausdehnung der Haupttheilung von früher 180° auf nun 220°.

Ich will diese Gelegenheit ergreifen, um auf eine kürzlich an mich gelangte Zuschrift des Regierungs-Geologen Hrn. Dr. G. Seelhorst, Sapagaja, Indien, etwas näher einzugehen.

Hr. Seelhorst theilte mir mit, dass seine Reisen fast stets in solchen Gegenden liegen, von denen so gut wie keine Karten existiren, und dass ihn deshalb der von mir in Neumayer's Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen (*S. 53*) beschriebene Protraktor sehr interessire; er wünsche jedoch für seine Zwecke jedenfalls eine, am liebsten aber *zwei* Aenderungen.

1. Der Ansatz für die Deklination der Magnetnadel müsse auch für *östliche* Deklination eingerichtet werden; er habe z. B. am obigen Ort östlich 3°.

2. Entlang den beiden Ziehkanten der Alhidade auf der schrägen Fläche wünsche er eine Theilung für den reduzirten Maassstab, deren Vortheil einleuchtend sei; es liessen sich sogar dem Instrumente mehrere Alhidaden zum Auswechseln mit verschiedenen Maassstäben beigeben.

Für seine Zwecke würde eine freie Alhihadenlänge von 6 Zoll engl. und eine Eintheilung des englischen Zoll in 40 Theile genügen. Die flachen linealförmigen Maassstäbe könnten direkt unter der Alhidade, etwa durch zwei Kopfschrauben von oben, befestigt werden.

Was den ersten Wunsch betrifft, nämlich Hülfsbogen für westliche und östliche magnetische Deklination, so wäre diesem leicht zu entsprechen, indem der Drehpunkt A weiter heruntergelegt würde, sodass für AZ auch Spielraum über 0 hinaus bliebe, oder irgendwie sonst.

Was aber den zweiten Wunsch betrifft, auch Theilungen an den Ziehkanten EF und $E'F'$ selbst anzubringen, so habe ich für mich solche nicht vorgesehen, um beim Anschieben nicht an einen *Nullpunkt* gebunden zu sein, indessen würde ja dem Anbringen von Theilungen, wie Hr. Dr. Seelhorst wünscht, nichts im Wege stehen.

Wenn, wie auch von anderen Seiten mir mitgetheilt wird, die Anwendung solcher Strahlenzieher Anklang findet[1]), so könnte die fabrikmässige Herstellung derselben sich vielleicht lohnen.

Referate.

Ein harmonischer Analysator.

Von J. N. Le Conte. *Phys. Rev.* **7.** *S. 27. 1898.*

Von dem Yule'schen Apparat ausgehend (vgl. *Phil. Mag.* **39.** *S. 367. 1895;* Referat in *dieser Zeitschr.* **15.** *S. 224. 1895*) hat der Verfasser einen interessanten neuen Analysator hergestellt, der zuerst zur Ermittlung der 11 ersten Glieder der Fourier'schen Reihe für eine gegebene periodische Linie bestimmt war, aber selbstverständlich auch zu den andern Verwendungen der Analysatoren brauchbar ist, z. B. zum Ziehen der Kurve mit gegebenen Koëffizienten, obgleich für diese Anwendung keine grosse Genauigkeit zu erwarten ist. Die

[1]) Es ist mir z. B. ein günstiges Urtheil des Chefs der topographischen Abtheilung der Preussischen Landesaufnahme bekannt betreffs der Sicherheit, Genauigkeit und Schnelligkeit, mit welcher die Eintragungen mittels des hier beschriebenen Strahlenziehers erfolgen.

Genauigkeit der von seinem Instrument gelieferten Kurvenanalysen untersucht der Verf. dadurch, dass er für Fälle, in denen die Integrale

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} y \sin nx\, dx \quad \text{und} \quad b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} y \cos nx\, dx$$

leicht genau ausgerechnet werden können, diese Werthe mit den vom Instrument gelieferten vergleicht. Bei einer sägeförmigen gebrochenen geraden Linie, deren senkrecht stehende Strecken die Abszissenachse in den Punkten $-\pi$, $+\pi$, $+3\pi$ schneiden, während die Schnittpunkte der unter 45° schief liegenden Strecken 0, 2π sind, sodass also

$$a_n = -\frac{1}{\pi} \frac{(-1)^n . 2\pi}{n} \quad \text{und} \quad b_n = 0$$

wird, erhielt der Verf. beispielsweise für die Werthe von a

	berechnet	beobachtet
a_1	+ 2	+ 1,983
a_2	— 1	— 0,996
a_3	+ 0,667	+ 0,667
a_4	— 0,5	— 0,497
a_5	+ 0,4	+ 0,397
a_6	— 0,333	— 0,332
a_7	+ 0,286	+ 0,289
a_8	— 0,25	— 0,251
a_9	+ 0,222	+ 0,223
a_{10}	— 0,2	— 0,201
a_{11}	+ 0,182	+ 0,183,

also eine ziemlich weitgehende Genauigkeit (es scheinen sich konstante Fehlereinflüsse geltend zu machen, indem die ersten 6 Koëffizienten absolut zu klein, die letzten 5 zu gross ausfallen). — Der Verf. zeigt noch, wie die durch die Gleichung

$$y = \frac{1}{2} c_0 \sin \beta_0 + c_1 \sin (x + \beta_1) + c_2 \sin (2x + \beta_2) + c_3 \sin (3x + \beta_3) + \ldots$$

gegebene Kurve mit seinem Apparat direkt gezeichnet werden kann.

Hammer.

Ueber die Apparate zur Messung der geodätischen Grundlinien.

Von C. Daviso. *Rivista di Topogr. e Catasto.* ***10.*** *S. 65 u. 139. 1897/98.*

Die schon früher angezeigte Sammlung kurzer Notizen über alle bis jetzt überhaupt benutzten Basismessapparate wird hier fortgeführt; diese zwei neusten Fortsetzungen besprechen die Apparate von Repsold, Porro (und Hossard, Secchi, Salmoiraghi), Brunner, Tralles-Hassler, d'Aubuisson, Ibañez-Brunner, Woodward, endlich die Ketten-, Band- und Drahtapparate von Roy, Jäderin u. A. *Hammer.*

Leibniz' Rechenmaschine von 1685.

Von W. Jordan. *Zeitschr. f. Vermess.* ***27.*** *S. 163. 1898.*

Als Fortsetzung seiner früheren Mittheilungen über die Leibniz'sche Rechenmaschine (*Zeitschr. f. Vermess.* ***25.*** *S. 289 u. 392. 1897*; Referat in *dieser Zeitschr.* ***17.*** *S. 247. 1897*) giebt der Verf. eine Kopie in etwa $^4/_7$ der in den Leibniz'schen Manuskripten vorhandenen Originalzeichnung. Es zeigt sich, dass die hier abgebildete Maschine mit der auf der Bibliothek zu Hannover noch vorhandenen Maschine nicht identisch sein konnte. Der Verf. plädirt mit Recht nochmals für seine früher ausgesprochene Idee der Veröffentlichung aller von Leibniz herrührenden, auf seine Maschine sich beziehenden Manuskripte. *Hammer.*

Eine neue trigonometrische Theilung auf dem Rechenschieber.

Von V. Vincenzo. *Rivista di Topogr. e Catasto.* **10.** *S. 71. 1897/98.*

Der Verf. richtet mit Rücksicht auf die Bedürfnisse der Tachymetrie die trigonometrischen Skalen des gewöhnlichen Rechenschiebers anders ein, als es bisher gebräuchlich war. Er bringt nämlich die drei Theilungen $S = \frac{\alpha^3}{\sin^2\alpha}$, $t = \frac{\alpha}{\tan\alpha}$ und $s = \frac{\alpha}{\sin\alpha}$ an. Der neue Rechenschieber ist von Mechaniker Vigliani, Turin, Via Lagrange, zu beziehen.

Hammer.

Anwendung der Interferenz-Erscheinungen auf metrologische Bestimmungen.

Von R. Benoît. *Journ. de phys.* **7.** *S. 57. 1898.*

Die Abhandlung enthält eine Ergänzung der Michelson'schen Arbeiten über die Beziehung zwischen Lichtwellenlänge und Meter. Benoît hat die aus diesen Arbeiten gewonnenen metrischen Werthe für die Wellenlängen der von Michelson benutzten Kadmium-Linien verwendet, um das Millimeter und das Zentimeter aus solchen Wellenlängen aufzubauen und an die so gewonnenen Einheiten Strichmaasse anzuschliessen. Zu diesem Zwecke wurden eine Anzahl Nickelskalen hergestellt mit einem Zentimeterintervall, getheilt in Millimeter. Die Strichbreite beträgt 2μ bis 4μ. Ausserdem wurden nach dem Muster der Michelson'schen Zwischenetalons zwei derartige optische Etalons für das Millimeter und für das Zentimeter hergestellt. Dieselben haben für den vorliegenden Zweck folgende Anordnung. Ein Bronze-Barren von rund 12 *cm* Länge und 2 *cm* Geviertseite trägt an dem einen Ende zwei planparallele Glasplatten, welche stufenförmig übereinander stehen und deren vordere Flächen untereinander parallel und auf möglichst nahe 1 *mm* bezw. 1 *cm* Entfernung justirt sind. Die Entfernung der Platten wurde zunächst mit dem Michelson'schen Interferenzapparat (vgl. *diese Zeitschr.* **14.** *S. 183. 1894)* in Wellenlängen des Kadmiumlichtes gemessen und alsdann die Plattenentfernung mit dem auf dem optischen Etalon liegenden Strichmaass verglichen. Ref. muss sich die Wiedergabe der ausserordentlich interessanten Details dieser Arbeit versagen, da der Redaktion dieser Zeitschrift eine ausführliche Darstellung der Michelson'schen Arbeiten von betheiligter Seite in Aussicht gestellt ist. Nur um einen Einblick in die Präzision dieser optischen Methode zu geben, seien folgende Zahlen angeführt. Benutzt wurden von Benoît die Wellenlängen folgender vier Kadmiumlinien

Roth . . .	0,6438472 μ
Grün . . .	0,5085824 „
Blau . . .	0,4799911 „
Violett . .	0,4678152 „ .

Nach Michelson[1]) können diese aus dem Meteranschluss gewonnenen Werthe bis auf einige Einheiten der letzten Stelle verbürgt werden. Diesen Wellenlängen entsprechend ergab z. B. eine beliebig herausgegriffene optische Ausmessung der Plattenentfernung des Millimeteretalons folgende vier Werthe in μ

9996,958 9996,950 9996,964 999,960,

der mittlere Fehler des Mittelwerthes aus 450 Einzelmessungen der Plattendistanz wurde zu $\pm$ 0,006 μ gefunden.

Eine Ausnutzung dieser Genauigkeit bei der mechanischen Vergleichung der Strichintervalle ist, wie Benoît besonders hervorhebt, nicht möglich, selbst wenn die Striche, wie im vorliegenden Fall, eine 300-fache Vergrösserung durch das Mikroskop vertragen. Die Zukunft wird lehren, ob dieser Vorsprung, welchen die Interferenzmethode genommen hat, auch nur annähernd durch eine Verfeinerung unserer Strichmessungen eingeholt werden kann.

---

[1]) *Travaux et Mémoires du Bureau international des poids et mesures.* **11.** *S. 85. 1895.*

Die von Benoît durch optische Synthese gewonnenen Millimeter-Etalons sollen namentlich für Run-Bestimmungen an Mikrometer-Schrauben dienen; da jedoch die Verwendung eines Millimeterintervalles zu solchen Bestimmungen Mikroskopgesichtsfelder von einer Ausdehnung voraussetzt, wie sie nur in Ausnahmefällen zu Gebote stehen, wird man in Breteuil gewiss bald auch Unterabtheilungen des Millimeter durch die Interferenzmethode bestimmen.

G.

Verbesserungen am Registrir-Pyrometer von Roberts-Austen.

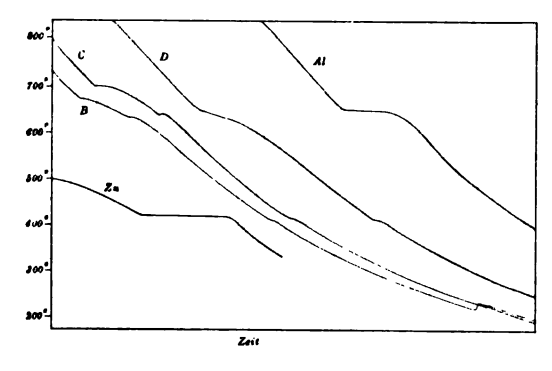
Von A. Stansfield. *Phil. Mag.* ***46.*** *S. 59. 1898.*

Die vorliegende Arbeit enthält eine Reihe von Versuchen mit Thermoelementen, namentlich von der Le Chatelier'schen Form ($Pt/Pt\,Rh$ 10%), in Temperaturen bis zum Schmelzpunkt des Kupfers. Es werden eine Anzahl Schmelzpunkte von reinen Metallen (*Sn*, *Bi*, *Pb*, *Zn*, *Al*, *Ag*, *Au*, *Cu*) und einigen Metalllegirungen untersucht; zwar können die ermittelten Zahlenwerthe hinsichtlich ihrer Beziehung auf die absolute Temperaturskale des Gasthermometers kaum Anspruch auf Genauigkeit machen, aber die angewandte Methode, mittels des Thermoelements selbst den Verlauf eines Schmelz- oder Erstarrungsvorgangs bis in sehr feine Einzelheiten hinein verfolgen und die bei einem solchen Prozess auftretenden Temperaturschwankungen, wie sie namentlich beim Schmelzen von Legirungen vorkommen, photographisch registriren zu können, scheint sehr beachtenswerth zu sein.

Die benutzten Thermoelemente, für welche der Verfasser aus theoretischen Gründen die Abhängigkeit der elektromotorischen Kraft E von der absoluten Temperatur T in der Form

$$E = a\,T + b \log T + c$$

annimmt, sind durch Kalibrirung an den drei Fixpunkten 0°, 100°, 444,5° (Schwefelsiedepunkt) geaicht, wodurch die Konstanten a, b, c bestimmt werden. Die heisse Löthstelle befand sich ohne jede Bedeckung in dem schmelzenden Metall, was nicht unbedenklich erscheint; die Enden der Drähte wurden auf konstanter Temperatur (Wasserdampf) erhalten. Die elektromotorische Kraft E wurde, wenn die zu messende Temperatur nahe erreicht war, mittels einiger Clark-Elemente, deren Spannung von Zeit zu Zeit durch Vergleichung mit einem Normalelement bestimmt wurde, nicht völlig, sondern nur so weit kompensirt, bis der Ausschlag des Spiegelgalvanometers klein genug war, dass ein von einer hellen Lichtquelle ausgehendes schmales Lichtbündel bei der Reflexion am Galvanometerspiegel im Spalt des Registrirapparates einspielte. Der Registrirapparat



selbst besteht aus einer einfachen Vorrichtung, durch welche eine lichtempfindliche, bis auf einen Spalt völlig verdeckte Platte in senkrechter Richtung bewegt wird; dies geschieht in der Weise, dass die Höhe des Wasserstandes in einem oben offenen parallelepipedischen Kasten durch Wasserzufuhr allmählich vergrössert wird, wodurch die auf dem Wasser frei schwimmende photographische Kamera sich hebt, während eine seitliche Bewegung in geeigneter Weise verhindert wird.

Auf diese Art wurde unter anderm der Verlauf der Erstarrung von drei *Sn*-*Cu*-Legirungen (*B*, *C*, *D* mit bezw. 50%, 55%, 40% *Cu*) untersucht; die vorstehende Figur enthält gleichzeitig die entsprechenden Kurven für Aluminium und Zink.

Die Knicke in den Kurven *B*, *C*, *D*, welche bei den Schmelztemperaturen des *Al* und *Zn* stattfinden, lassen vielleicht auf das Vorhandensein von Spuren dieser Metalle in den Legirungen schliessen; jedenfalls fanden an solchen Stellen molekulare Umänderungen der Substanzen statt, bei denen latente Wärme frei wurde. Solche Vorgänge zu studiren, scheint die beschriebene Methode vorzüglich anwendbar zu sein, namentlich, wenn hinsichtlich der

gleichmässig ruhigen Bewegung des Registrirapparats noch Verbesserungen angebracht werden. Für die Technik ist allerdings eine photographische Registrirmethode erfahrungsgemäss nicht einfach und in der Handhabung nicht leicht genug.

Den Beschluss der Arbeit bilden Betrachtungen mehr theoretischen Inhalts betreffend die Abhängigkeit der elektromotorischen Kraft von der Temperatur, welche auf noch unsicheren und keineswegs einwandsfreien Voraussetzungen beruhen. *Rt.*

Die Temperaturverhältnisse von Berlin.

Von R. Börnstein und E. Less. *Meteorol. Zeitschr.* **15.** *S. 321. 1898.*

Als Unterlage für die Untersuchungen dienten die Aufzeichnungen eines Thermographen, welcher bereits kurz in *dieser Zeitschr.* **3.** *S. 197. 1883* beschrieben wurde. Der Apparat ist im Wesentlichen ein Luftthermometer; ein spiralig gewundenes, kupfernes, mit Stickstoff gefülltes Rohr von elliptischem Querschnitt kommunizirt mittels eines engen Bleirohres mit dem kurzen Schenkel eines Barometers. Der Stand des in letzterem befindlichen Quecksilbers, welcher somit ein Maass der Temperatur der eingeschlossenen Luft ist, wird durch einen auf der Quecksilbersäule schwimmenden kleinen Hufeisenmagneten (in einen Hartgummipfropfen eingelassen) nach aussen übertragen. Seinen Bewegungen folgt ein zweiter Hufeisenmagnet, welcher, mit seinen Polen die Barometerröhre von aussen eng umfassend, auf der linken Endschneide eines Waagebalkens horizontal aufgehängt ist. Eine mit dem Waagebalken verbundene Schreibfeder registrirt die Bewegungen des letzteren auf einer durch ein Uhrwerk um eine vertikale Achse in Drehung versetzten Trommel.

Das Thermometergefäss befand sich auf dem Dache der Kgl. landwirthschaftlichen Hochschule zu Berlin, 25,5 *m* über dem Strassenpflaster und 2,3 *m* über dem Dach in einer der „englischen“ nachgebildeten Hütte. Von dieser Aufstellung vermittelte das durch Dach und Bodenraum hindurchgehende Bleirohr die Verbindung zu dem im Innern des Gebäudes befindlichen Registrirapparat.

Ein Vergleich der aus den Dimensionen berechneten und der experimentell gefundenen Thermographenkonstanten liess erkennen, dass der Druck des Gases im Thermographen mit der Temperatur schneller zunimmt, als er es nach dem Mariotte-Gay-Lussac'schen Gesetze sollte, und dass die Druckzunahme im Apparate bei höheren Temperaturen wächst, anstatt abzunehmen, was auch Sprung und Fuess bereits früher beobachtet und auf verschiedene Weise erklärt hatten.

Ferner zeigte sich an dem Thermographen eine fortwährende Aenderung der Nullpunktskonstante. In den Herbst- und Wintermonaten war die Erniedrigung des Eispunktes des Thermographen immer nur gering, sie wurde beträchtlicher von der zweiten Hälfte des Frühlings an und erreichte ihren höchsten Werth ungefähr anderthalb Monate nach der Zeit des jährlichen Temperaturmaximums. Eine Erklärung für diese Erscheinung suchen die Verf. weniger in der thermischen Nachwirkung, als vielmehr darin, dass jährlich ein geringer Theil der im Gefäss enthaltenen Gasmasse (der 687. Theil) verschwindet, was am leichtesten durch oberflächliche Oxydation des mit ihr in Berührung befindlichen Metalles geschehen kann, wenn man die Annahme zulässt, dass der in den Thermographen eingefüllte Stickstoff mit etwas Sauerstoff und Wasserdampf gemischt sei.

Auf die Resultate der Beobachtungen, zu deren Reduktion auf wahre Temperaturen gut bestimmte Quecksilberthermometer dienten, näher einzugehen, würde den Rahmen dieses Referates überschreiten. Besonders interessant ist indessen ein Nebenresultat der Untersuchungen, dass nämlich zur Berechnung eines richtigen Tagesmittels die Terminbeobachtungen $8^a, 2^p, 8^p$ am wenigsten günstig sind; günstiger erweisen sich schon die Zeiten $7^a, 2^p, 9^p$ und 6^a, 2^p, 10^p, am genauesten aber stimmt mit dem wahren Tagesmittel diejenige Temperatur überein, welche als Mittel der Tagesextreme gewonnen wurde.

Zur Beurtheilung der Zuverlässigkeit der vom Thermographen gelieferten Angaben, sowie namentlich zur Entscheidung der Frage, ob der Apparat auf dem Dache in 25,5 *m* Höhe über dem Boden eine zweckmässige Aufstellung gefunden habe, wurden die Angaben des

Thermographen mit den am gleichen Gebäude an einem nach N. liegenden Fenster in 17,1 *m* Höhe über dem Boden ausgeführten Terminablesungen verglichen. Es ergab sich dabei das bemerkenswerthe Resultat, „dass die Fläche des Daches eine ähnliche Wirkung wie der Erdboden auf die anliegende Luftschicht auszuüben scheint, und dass daher unmittelbar über dem Dache Temperaturverhältnisse herrschen, welche trotz der höheren Lage besser als die in 17,1 *m* Höhe vor dem Fenster beobachteten Einzelheiten den am Boden stattfindenden Zustand wiedergeben“. *Schl.*

Anemometer-Studien auf der Deutschen Seewarte.

Von G. Neumayer. Bearbeitet von H. von Hasenkamp. *Archiv d. Seewarte* **20.** *Nr. 4. 1897.*

Auf der Deutschen Seewarte wurde seit ihrer Gründung, also seit etwa 20 Jahren, der Anemometrie besonderes Interesse zugewandt; jedoch ist von der grossen Summe der hierbei gesammelten Beobachtungen und Erfahrungen bisher wenig veröffentlicht und daher auch wenig bekannt geworden. Die vorliegende Abhandlung berichtet über diese von Neumayer selbst oder auf dessen Veranlassung vorgenommenen Studien; sie enthält neben neuen Ergebnissen insbesondere auch eine vollständige Uebersicht und die lange vermisste Klarheit über den Werth der Anemometerprüfungen und der dabei sich ergebenden Formeln.

Entsprechend ihrer weiten Verbreitung wurden vorwiegend Robinson'sche Schalenkreuz-Anemometer — 33 Exemplare verschiedener Firmen — untersucht. Dabei ergab sich zunächst, dass die an vielen Observatorien noch immer angewandte Robinson'sche Regel, wonach die Windgeschwindigkeit gleich der dreifachen Geschwindigkeit der Schalenmittelpunkte sein soll, um mehr als 30% zu hohe Werthe liefern kann. Die Reduktion der Anemometer-Angaben muss nach einer empirischen linearen Gleichung zwischen Windgeschwindigkeit und Geschwindigkeit der Schalenzentren vorgenommen werden, und die Konstanten der Gleichung müssen für jedes einzelne Instrument besonders bestimmt werden. Benutzt man die Konstanten auch für andere Instrumente von derselben Konstruktion und denselben Dimensionen, so können dadurch Fehler der Windgeschwindigkeit von 8 bis 10% erhalten werden. Andrerseits hat sich bei Wiederholungen der Prüfung eines und desselben Instruments gezeigt, dass selbst nach längerem Gebrauch und in einzelnen Fällen auch nach Reparaturen die Konstanten ihre Gültigkeit behalten. Besonders das erste, von der Schalengeschwindigkeit unabhängige Glied der Anemometerformel, die sogenannte Reibungskonstante zeigt grosse Abweichungen bei verschiedenen Instrumenten, während die zweite, mit der Schalengeschwindigkeit multiplizirte Konstante bei gleichen Dimensionen der Instrumente in den extremsten Fällen nur Abweichungen von etwa 3% aufweist. Der Versuch, diese zweite Konstante aus den Dimensionen des Apparats abzuleiten, führte zu keinem Resultat, und zwar offenbar deshalb, weil ausser den Dimensionen auch das Trägheitsmoment einen Einfluss ausübt. Die Hinzufügung eines dritten, quadratischen Gliedes, dessen Koëffizient sich in allen Fällen als sehr klein erweist, ist nur bei gleichförmiger Bewegung, also nicht im freien Winde statthaft.

Sehr eingehend ist die Methode der Prüfung auf dem Rotations-Apparat behandelt. Die seiner Anwendung zu Grunde liegende Voraussetzung, dass der Druck der bewegten Luft gegen eine ruhende Fläche dem Widerstande gleich ist, den die mit derselben Geschwindigkeit gegen die ruhende Luft bewegte Fläche erfährt, steht so vollkommen mit den Anschauungen der theoretischen Mechanik über relative Bewegung in Einklang, dass man nach Neumayer durchaus berechtigt ist, sich dieser Annahme zu bedienen, wenn auch zugegeben wird, dass bis zur definitiven Entscheidung dieser Frage die Messungen der Windgeschwindigkeit mit so geprüften Instrumenten nur relative Werthe geben können.

Da die Anemometer mit vertikaler Achse auf dem Rotations-Apparat angebracht werden, also die Entfernung der Schalen von der Rotations-Achse und damit ihre Geschwindigkeit wechselt, so ist der Einfluss der kreisförmigen Bewegung zu berücksichtigen und diese in geradlinige Bewegung umzurechnen; es geschieht dies durch Prüfungen bei entgegengesetzten Rotationsrichtungen. Kleinere Abweichungen von der Vertikalstellung, z. B.

Schwankungen kardanisch aufgehängter Instrumente auf Schiffen oder Ballons können praktisch vernachlässigt werden. Dagegen erwies sich das Robinson'sche Verfahren, die Anemometer mit horizontal gestellter Achse zu prüfen, als ganz fehlerhaft.

Am schwierigsten ist der sogenannte Mitwind in Rechnung zu ziehen, also diejenige Komponente des von dem rotirenden Systeme erzeugten Luftstroms, welche in der Rotationsebene der Schalen liegt in dem Augenblicke, wo sie auf Luft treffen, die während der vorhergehenden Rotation in Bewegung gesetzt worden ist. Auf der Seewarte wurden mittels kleiner Ballons Untersuchungen angestellt über die Luftzirkulation innerhalb des Prüfungsraumes und die hiernach sich ergebende beste Aufstellung der Mitwind-Anemometer; die Ergebnisse haben jedoch meist nur für die untersuchten Räumlichkeiten Gültigkeit.

Nach Neumayer's Anemometer-Studien unterliegt es keinem Zweifel mehr, dass die Konstanten eines Anemometers von kleinen Dimensionen und einem geringen Trägheitsmoment am besten auf einem Rotations-Apparat geprüft werden. Grössere Instrumente dagegen zeigten — in Uebereinstimmung mit den Untersuchungen von Marvin, Fergusson und Chree — im freien Winde stets zu hohe Geschwindigkeit an, wenn man die auf dem Rotations-Apparate ermittelten Formeln zu Grunde legte. Jede Ungleichförmigkeit des Windes übt nämlich auf das Schalenkreuz einen beschleunigenden Einfluss aus, der mit dem Trägheitsmoment und der Heftigkeit der Windschwankungen wächst. Daraus ergiebt sich das für praktische Zwecke wichtige Resultat, dass die gebräuchlichen Anemometer von grösseren Dimensionen nicht auf dem Rotations-Apparat zu prüfen sind, sondern im freien Winde durch Vergleichung mit einem genau untersuchten kleinen Anemometer.

Es wurden auch einige Versuche angestellt, inwieweit das Robinson'sche Anemometer durch unter ihm befindliche, die freie Bewegung der Luft hemmende Hindernisse beeinflusst wird. Die Vergleichungen in verschiedenen Stellungen auf dem Thurme der Seewarte und des Seemannshauses in Hamburg sind schon früher mitgetheilt (*Archiv d. Seewarte* ***12.*** *Nr. 4. 1889*). Später wurden die hierbei auftretenden Erscheinungen auf dem Rotations-Apparat nachgeahmt, indem an dem Arme desselben eine kreisförmige starke Metallscheibe von 25 *cm* Radius angebracht wurde, und nun die Konstanten eines Anemometers in verschiedener Höhe über dieser Scheibe bestimmt wurden. Die erhaltenen Gleichungen lassen erkennen, dass durch die Scheibe die Bewegung des Anemometers sehr erheblich beschleunigt wird, und zwar um so mehr, je näher die Scheibe steht. Das Normal- und das Stations-Anemometer der Seewarte sind deshalb auf einem Thurme angebracht, der eine allseitig offene Loggia bildet, durch welche der Wind frei hindurchstreichen kann.

Sg.

Die Reststrahlen von Steinsalz und Sylvin.

Von H. Rubens und F. Aschkinass. *Wied. Ann.* ***65.*** *S. 241. 1898.*

Die Untersuchung der von Flussspath, Quarz und Glimmer durch mehrmalige Reflexion gelieferten homogenen Strahlen grosser Wellenlänge, der Reststrahlen dieser Körper, ist nun durch die der Reststrahlen von Steinsalz und Sylvin weitergeführt worden.

Der zur Messung der Wellenlängen benutzte Apparat zeigte im Wesentlichen dieselbe Einrichtung wie früher, nur diente als Wärmequelle ein Auer-Brenner, zur Messung der Strahlungsintensität die von H. Rubens angegebene Thermosäule (*diese Zeitschr.* ***18.*** *S. 65. 1898*). Als mittlere Wellenlänge der Reststrahlen von Steinsalz und Sylvin wurden die Werthe 51,2 und 61,1 μ gefunden. Dieselbe ist also nur 60 bis 70 mal kleiner als die der von A. Lampa (*Wied. Ann.* ***61.*** *S. 83. 1897*) erzeugten elektrischen Strahlen kürzester Wellenlänge (4 *mm*); demgemäss waren die Eigenschaften dieser Wärmestrahlen auch denen der elektrischen Strahlen ähnlicher als denen der Lichtstrahlen.

Es wurde zunächst für eine Reihe von Substanzen die Absorption untersucht; Paraffin, Quarz, Flussspath, Guttapercha, schwarzer Kautschuk und Wachstaffet zeigten eine beträchtliche Durchlässigkeit, in sehr dünnen Schichten von einigen zehntel Millimeter auch Glimmer und Fischblase. Letzterer Stoff wurde daher zur Konstruktion eines Absorptionsgefässes benutzt. Durchlässig bei 1 *mm* Schichtdicke erwiesen sich Schwefelkohlenstoff, Benzol, Pe-

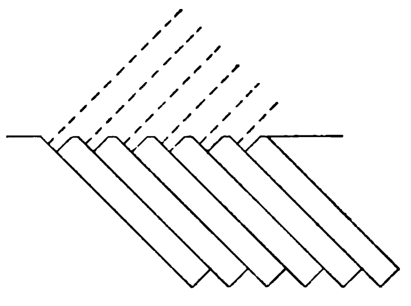
troleum, Toluol, Xylol und Olivenöl. Bei 40 *cm* Schichtdicke absorbirte Kohlensäure unmerklich, Wasserdampf dagegen vollständig. Bei allen Stoffen, welche in einer Schichtdicke von 1 *mm* und darüber noch durchlässig sind, bestätigt sich die Beziehung, dass die Diëlektrizitätskonstante gleich dem Quadrat des nach der Cauchy'schen Formel für unendlich lange Wellen extrapolirten Brechungsexponenten ist; dieselben haben also auch im Infra-Roth keine anomale Dispersion herbeiführende Absorptionsbanden. Eine Ausnahme machen nur Quarz, Flussspath und Olivenöl. Berücksichtigt man in der Helmholtz-Kettler'schen Formel die Absorptionsbanden der beiden ersten Stoffe, so stimmt auch hier die obige Beziehung. Bei Olivenöl, das nur für Sylvin, nicht für Steinsalz durchlässig ist, ist wohl eine Bande in der Nähe von 50 μ anzunehmen.

Die Messung des Reflexionsvermögens für einen Einfallswinkel von 30° wurde ebenfalls für eine Reihe Substanzen durchgeführt und auf die des Silbers bezogen, die nach der früheren Begründung als eine vollständige angesehen werden kann. Die Fresnel'sche Formel wurde bei einigen Substanzen zur Berechnung des Quadrats des Brechungsexponenten benutzt; in Anbetracht der Ungenauigkeit dieses Verfahrens stimmten die Werthe mit denen der Diëlektrizitätskonstanten recht gut überein. *A. K.*

Ein Spektroskop ohne Prismen und Gitter.

Von A. A. Michelson. *Amer. Journ. of Science* **5.** *S. 215. 1898.*

Während die Diffraktionswirkung der gebräuchlichen Gitter auf regelmässigem Wechsel des Absorptionsvermögens in der beugenden Schicht beruht, beschreibt Verf. eine neue gitterähnliche Einrichtung, welche auf wechselndem Verzögerungsvermögen beruht. Das Reflexionsgitter dieser Art (s. die Figur) besteht in einer Reihe paralleler schmaler Spiegel in gleichen Abständen, welche durch Uebereinanderschichten von einer Reihe von Glasplatten, von denen jede über die folgende gleich viel vorsteht, erhalten sind. Wegen der Schwierigkeit, genau gleiche Abstände zu erzielen, hat Verf. die Einrichtung für durchfallendes Licht vorgezogen, bei der es nur auf gleiche Dicke der Platten ankommt. Beide Einrichtungen haben den Vortheil, dass man lichtstarke Spektra von sehr hoher Ordnung erhält; man erzielt so mit relativ groben Gittern ein bedeutendes Auflösungsvermögen.



Verf. hat versuchsweise eine Kombination von 7 Glasplatten (von 5 *mm* Dicke) hergestellt; unter Zuhülfenahme von Kollimator und Fernrohr konnte die Verbreiterung der Natriumlinien und die Zeemann'sche Erscheinung beobachtet werden. Der Nachtheil der Einrichtung besteht in der Uebereinanderlagerung der Spektra verschiedener Ordnung, der sich jedoch durch vorhergehende Zerlegung des Lichts beseitigen lässt; auch rücken die Spektra mit wachsender Zahl der Elemente mehr auseinander. Verf. hält die beschriebene Einrichtung für besonders geeignet zum Studium einzelner Linien auf Verbreiterung, Verdoppelung u. dergl.

Nach einem zweiten Bericht (*Astrophys. Journ.* **8.** *S. 37. 1898*) hat Verf. inzwischen eine Glasstaffel von 20 Platten (von 18 *mm* Dicke) konstruirt, deren Breite von 20 auf 2 *mm* abnahm; er erhielt so Spektra von etwa 18000. Ordnung. Das Auflösungsvermögen, das der Gesammtdicke des Plattensatzes proportional ist, ist hier auf das 10-fache gesteigert.

Ein „Staffel-Spektroskop", das noch 5 mal stärker auflösen soll, ist in Arbeit. Die Prüfung der Platten auf Planparallelität geschah mit Hülfe der Haidinger'schen Interferenzringe. Zeigten sich noch Fehler, so wurden dieselben durch Lokalretouche beseitigt.

A. K.

Ueber die Spannung an dem Pole eines Induktionsapparates.

Von A. Oberbeck. *Wied. Ann.* **62.** *S. 109. 1897;* **64.** *S. 193. 1898.*

Untersuchungen über das Induktorium.

Von B. Walter. *Wied. Ann.* **62.** *S. 300. 1897.*

Die Untersuchungen Walter's beziehen sich zunächst auf die Grösse des Fizeau'schen Kondensators im Primärkreis des Induktoriums. Die Versuche wurden mit einem Funkeninduktor von 30 *cm* Schlagweite von M. Kohl in Chemnitz angestellt, dessen Kondensator eine Kapazität von 0,22 *Mikrofarad* hatte. Strom und Spannung wurden so regulirt, dass der Induktor bei einfacher Unterbrechung mit der Hand die vorschriftsmässige maximale Schlagweite zwischen einer positiven Spitze und einer negativen Platte hergab. Wurde nun die Grösse des Kondensators von 0 bis 1,2 *Mf* langsam gesteigert und jedesmal die zugehörige Schlagweite bestimmt, so zeigte sich, dass diese bei etwa 0,2 *Mf* ein Maximum erreichte. Es geht daraus hervor, dass man für einen gegebenen Induktor den Kondensator zu gross wählen kann. Um diese Erscheinung zu erklären, stellt Walter theoretische Betrachtungen an, denen sehr vereinfachte Annahmen zu Grunde gelegt sind und die deshalb auch nur generell durch den Versuch bestätigt werden können. Zunächst leitet er eine Formel für den Schliessungsstrom ab, die angiebt, wie gross der Strom in einer bestimmten Zeit geworden ist. Da aus späteren Versuchen hervorgeht, dass die beim Oeffnen des Primärkreises erreichte sekundäre Funkenlänge der primären Stromstärke im Augenblick des Oeffnens proportional ist, so kann man für die verschiedenen Betriebsspannungen die Zahl der Unterbrechungen ausrechnen, die nothwendig ist, um die maximale Funkenlänge zu erreichen. Versuche haben diese Ueberlegungen vollauf bestätigt.

Für den Oeffnungsstrom giebt die Theorie eine gedämpfte Schwingung, deren Schwingungszahl der Wurzel aus Selbstinduktion und Kapazität im Primärkreis proportional ist. Die Form der Schliessungs- und namentlich der Oeffnungsströme studirt der Verf. mittels einer Braun'schen Kathodenröhre (vgl. *diese Zeitschr.* **17.** *S. 316. 1897*). Enthält der Primärkreis gar keinen Kondensator, so kommen überhaupt keine Schwingungen zu Stande. Fügt man kleinere Kondensatoren ein, so erhält man kurze Schwingungen, deren erster Ast sehr steil abfällt; durch Vergrössern des Kondensators werden die Schwingungen langsamer, der erste Ast fällt flacher ab; dem entspricht auch die Abhängigkeit der Schlagweite von der Grösse des Kondensators.

Für die Sekundärspannung ergiebt sich die Formel $E_2 = J_1 \sqrt{L_2 / K_1}$, wo J_1 die bei der Unterbrechung erreichte maximale primäre Stromstärke, K_1 die Kapazität im Primärkreis, L_2 die Selbstinduktion im Sekundärkreis bedeutet. Walter hat nun die Sekundärspannung selbst nicht gemessen, wohl aber die Schlagweite und fand, wie bereits früher erwähnt, dass diese der Stromstärke J_1 proportional ist. Daraus schliesst er, dass für seine Elektroden (Spitze und Platte) die Schlagweiten den Sekundärspannungen proportional sind. Da im Uebrigen die Formel unter Vernachlässigung vieler Nebenerscheinungen abgeleitet ist, so kann man aus ihr nur noch entnehmen, dass eine möglichst hohe Selbstinduktion im Sekundärkreis und eine möglichst kleine Kapazität im Primärkreis vortheilhaft ist. Da z. B. in der Theorie auf den Oeffnungsfunken nicht Rücksicht genommen ist, so wird für sehr kleine Kondensatoren die Theorie unanwendbar sein.

Gleichzeitig mit dieser Arbeit erschien die erste Mittheilung von Oberbeck, in der ein Mittel angegeben wird, die maximalen Spannungen der Sekundärelektroden selber zu messen. Nähert man nämlich einem statisch geladenen Konduktor eine isolirte Spitze, die mit der Nadel eines empfindlichen Elektrometers verbunden ist, so wird bei einer bestimmten Entfernung das Elektrometer einen kleinen Ausschlag zeigen, der wieder verschwindet, wenn man die Spitze wieder entfernt. Oberbeck nähert nun die Nadel so weit, dass der Ausschlag auch bei der Entfernung eben bestehen bleibt; man musste zu diesem Zwecke so nahe herangehen, dass die Nadel eine Spannung von 200 *Volt* anzeigte. War die Ladung der Kugel klein, so wurde ihr Potential durch ein zweites Elektrometer von geringer Empfindlichkeit direkt gemessen. Um auch höhere Potentiale messen zu können, wurde jedes-

mal der geladene Konduktor in dieselbe Stellung vor eine isolirte Metallplatte gebracht, die mit einem dritten Elektrometer verbunden war. Aus den Versuchen mit niederen Potentialen kann man das konstante Verhältniss der Ausschläge der beiden Elektrometer bestimmen. Für stärkere Ladungen kann man durch diese Konstante den Potentialwerth der Kugel aus dem Ausschlag des dritten Elektrometers berechnen. Das Ergebniss dieser Versuche wird durch Kurven dargestellt, in denen die Entfernungen der Spitze als Abszissen, die Potentiale als Ordinaten eingetragen sind; da die negative Elektrizität leichter ausströmt als die positive, so sind für positive und negative Ladung besondere Kurven zu zeichnen.

Nun wurde der Konduktor in grössere Entfernung vom Induktor gestellt und mit dem einen Sekundärpol verbunden, während der andre zur Erde abgeleitet war; wurde dann der Induktor erregt, so näherte man die Spitze wiederum so lange, bis das Elektrometer 200 *Volt* anzeigte. Aus der abgelesenen Entfernung ergiebt sich dann aus den Kurven ein Potential, das als maximale Spannung des Sekundärpoles angesehen wird. Die Berechtigung dieses Schlusses wird in der Arbeit eingehend begründet. Um auch Spannungen messen zu können, wofür die beschriebene Vorrichtung nicht mehr geaicht ist, wird ausser der bereits erwähnten Messung eine zweite ausgeführt, bei welcher der Sekundärpol mit einer Leydener Flasche verbunden ist; dadurch wird das Potential um einen konstanten Bruchtheil herabgesetzt. Wird diese Konstante aus den niederen Potentialen berechnet, so kann man sie ähnlich, wie vorher, zur Messung der hohen Potentiale verwerthen.

Die Versuche wurden mit zwei Induktorien angestellt. Das eine ist von mittlerer Grösse und besitzt einen Deprez-Unterbrecher; die maximale Schlagweite zwischen stumpfen Messingspitzen beträgt nur 30 *mm*. Das grössere giebt Funkenstrecken von 30 *cm* Länge; als Unterbrecher dient entweder ein eigens dazu konstruirter Doppelhammer, oder ein von Hofmeister angegebener rotirender Quecksilberunterbrecher, der durch einen regulirbaren kleinen Elektromotor angetrieben wird.

Das wichtigste Ergebniss dieser Messungen ist der Satz, dass bei einem gegebenen Induktionsapparat und bei einer bestimmten Art der Unterbrechung des primären Stromes die Quotienten aus der Maximalspannung der sekundären Rolle und der Klemmenspannung des primären Stromes nahezu denselben Werth haben. Diesen Quotienten bezeichnet Oberbeck als die *Transformationszahl* für die betreffende Anordnung. Man erkennt ausserdem, dass dieser Satz mit dem Walter'schen in Einklang steht, wonach die Sekundärspannung der maximalen primären Stromstärke im Augenblick des Unterbrechens proportional ist.

In einer zweiten Mittheilung Oberbeck's werden die Resultate der ersten nach verschiedenen Richtungen hin vervollständigt. Während bei den früheren Messungen stets ein Sekundärpol zur Erde abgeleitet war, werden jetzt auch die Sekundärspannungen gemessen, wenn *beide* Pole isolirt sind. Während man erwarten sollte, dass dabei die Maximalspannung auf die Hälfte des früheren Werthes zurückgeht, ergiebt der Versuch nur $^2/_3$. Weiter geht Oberbeck näher auf die Theorie des Induktoriums ein und findet, dass die oben aufgeführte Formel von Walter nur gültig ist, wenn man die Kapazität der sekundären Rolle vernachlässigt, eine Vereinfachung, die vom praktischen Standpunkt aus unzulässig ist. Ueberhaupt kommen so viele Komplikationen ins Spiel, dass der Verfasser vorläufig eine Berechnung der Sekundärspannung für aussichtslos hält. Schliesslich wurden Versuche mitgetheilt, durch welche der Zusammenhang der Funkenlängen mit den Maximalspannungen festgestellt werden soll. Die Resultate, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, sind im Grossen und Ganzen mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen in guten Einklang zu bringen. *E. O.*

Zwei Methoden zur Messung der Diëlektrizitätskonstanten und der elektrischen Absorption bei schnellen Schwingungen.

Von P. Drude. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **23.** *S. 267. 1897.*

Mit Hülfe schneller elektrischer Schwingungen kann man auch Körper von beträchtlichem Leitungsvermögen auf ihre Diëlektrizitätskonstante untersuchen, während bei lang-

samen Schwingungen die Leitungsfähigkeit störend wirkt. So war es Verf. mit den unten beschriebenen Methoden möglich, noch die Diëlektrizitätskonstante von gesättigter Kochsalzlösung nachzuweisen. Die Anwendung möglichst schneller Schwingungen verbietet sich aber dadurch, dass die Apparate dann unbequem klein ausfallen; es werden deshalb Apparate beschrieben, bei denen Schwingungen mittlerer Perioden (Wellenlänge in Luft etwa 70 *cm*) zur Verwendung kommen. Der für beide Methoden angewandte Wellenerreger (Fig. 1) ist nach dem Vorgang von Blondlot konstruirt, nur ist er bedeutend kleiner. Er besteht im Wesentlichen aus zwei halbkreisförmig gebogenen, 3 *mm* starken Kupferdrähten E, die eine Kreisfläche von 5 *cm* Durchmesser umgrenzen. Zwischen den 6 *mm* dicken Endkugeln dieser Drähte ist eine mittels der Schraube S regulirbare Funkenstrecke f von etwa 0,5 *mm* eingeschaltet; die Enden der Drähte EE gegenüber der Funkenstrecke f sind etwa 4 *mm*

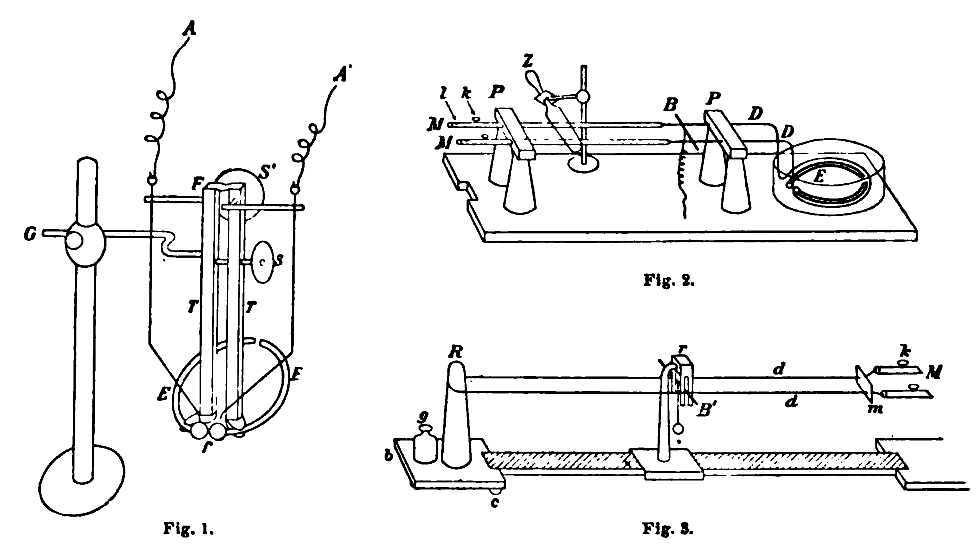


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

von einander entfernt. Die Drähte A und A' führen zu den Kugeln und zwar bildet A' mit der einen derselben eine zweite Funkenstrecke (Zuleitungs-Funkenstrecke), welche durch die Schraube S' fein regulirbar ist. Fig. 2 zeigt die sekundäre Leitung; die Drähte E liegen in einer mit Petroleum gefüllten Krystallisirschale und sind auf etwa 1 *mm* Abstand umgeben von einer 1 *mm* starken Drahtleitung DD, welche in zwei parallele, 25 *cm* lange Messingröhren MM eingelöthet ist; diese Röhren haben 2 *cm* Abstand und $1\frac{1}{2}$ *mm* inneren, $2\frac{1}{2}$ *mm* äusseren Durchmesser. Bei B, 7 *cm* hinter der Biegung von D, ist ein Metallbügel über die Drähte und ferner 16 *cm* hinter B eine evakuirte Glasröhre Z (Zehnder'sche Röhre) über die Röhren MM gelegt, welche aufleuchtet, wenn die elektrische Welle an diesem Punkt ein Maximum hat. Verf. beschreibt zwei Methoden, von denen die erste genauere Resultate liefert, während die zweite ein schnelles und bequemes Arbeiten gestattet, dafür aber weniger genau ist.

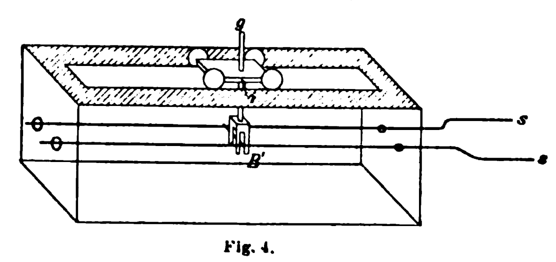


Fig. 4.

Bei der *ersten* Methode wird mittels der in Fig. 3 und Fig. 4 dargestellten Apparate die Wellenlänge der vom Erreger erzeugten Schwingungen in Luft mit der Wellenlänge in der zu untersuchenden Substanz verglichen. Das Quadrat dieses Verhältnisses n (des elektrischen Brechungsquotienten) ist gleich der Diëlektrizitätskonstanten ε. Zur Messung der Wellenlänge in Luft dienen die Drähte dd (Fig. 3), welche in die Messingröhren MM eingeklemmt und mittels eines Gewichts g straff gespannt werden, sowie der mittels eines Schlittens auf einem Maassstabe verschiebbare Drahtbügel B'. Die Vakuumröhre leuchtet nur auf, wenn dieser Bügel um ein Multiplum einer halben, in der Luft ge-

messenen Wellenlänge ($\frac{1}{2}\lambda$) vom festen Metallbügel B entfernt ist. Man kann dann mehrere Maxima bestimmen, in denen die Röhre aufleuchtet, und daraus die Wellenlänge ableiten. Statt der Maxima kann man auch die Stellen benutzen, bei denen das Leuchten von mässiger Stärke in grosse Intensität übergeht (Uebergangspunkte). Für die Bestimmung der Wellenlänge derselben elektrischen Schwingungen in Flüssigkeit dient ein Glaskasten (Fig. 4), der von den vergoldeten Kupferdrähten ss durchsetzt wird. Diese Drähte haben 1 *cm* Abstand und werden durch Korkplättchen in der Glaswand gedichtet. Der auf Rollen bewegliche Metallbügel lässt sich auf Schienen bewegen und trägt einen Index i zur Ablesung der Stellung. Man sucht auch hier wieder die Maxima oder die Uebergangspunkte für die Vakuumröhre durch Verschieben des Metallbügels auf. Die Temperatur der Flüssigkeit muss etwa auf $\frac{1}{2}^0$ bekannt sein. Wegen der Kleinheit der Kästen ist eine gewisse Korrektion anzubringen, deren Grösse für die vom Verf. benutzten Kästen angegeben wird. Manche Flüssigkeiten zeigen eine starke Absorption der elektrischen Schwingungen, die durch ihr Leitvermögen bedingt ist; dann muss man durch Verstellen der Funkenstrecke f und der Zuleitungs-Funkenstrecke möglichst gute Verhältnisse schaffen. Die Absorption zeigt sich dadurch, dass man nicht mehr beliebig viele Wellen beobachten kann, sondern je nach der Stärke der Absorption eine mehr oder weniger beschränkte Anzahl. Der Brechungsquotient wächst mit zunehmender Leitfähigkeit. Aus theoretischen Betrachtungen ergiebt sich, dass in diesem Fall die Diëlektrizitätskonstante $\varepsilon = n^2(1 - k^2)$ sein muss, wenn k den Absorptionsindex der Flüssigkeit bezeichnet, der dadurch definirt ist, dass die Amplitude der elektrischen Schwingungen nach dem Durchlaufen einer Wellenlänge λ im Verhältniss $1 : e^{2\pi k}$ kleiner geworden ist. Der theoretische Werth von k kann für Lösungen aus der Leitfähigkeit berechnet werden, doch giebt es auch Flüssigkeiten, bei denen das nicht der Fall ist. Solche Flüssigkeiten, die stark absorbiren, obwohl sie es ihrer Leitfähigkeit nach nicht sollten, nennt Verf. *anomal absorbirende Flüssigkeiten.* Um k zu bestimmen, vergleicht man die Stärke des Leuchtens der Vakuumröhre für die zu untersuchende Substanz mit einer Aichflüssigkeit, einer Lösung von Kochsalz in verschiedener Konzentration, für welche k bekannt ist.

Die *zweite* Methode erfordert nur sehr geringe Flüssigkeitsmengen. Das Prinzip der Methode besteht darin, dafs in die Rohre MM (Fig. 5) zwei an ihrem Ende einen Konden-

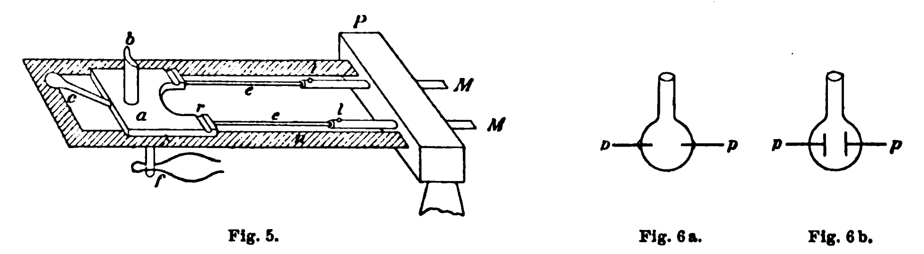


Fig. 5. Fig. 6a. Fig. 6b.

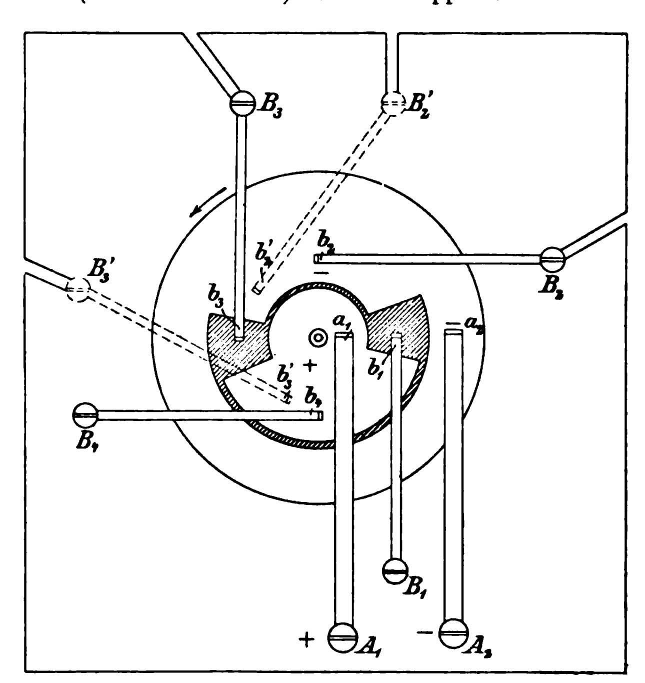
sator tragende Drähte so weit eingeschoben werden, dass die Leitung hinter dem Bügel B (Fig. 2) in elektrischer Resonanz steht mit den von B durch den Erreger erzeugten Schwingungen. Die Kondensatoren bestehen aus kleinen Fläschchen (Fig. 6a und b), welche mit der betreffenden Flüssigkeit gefüllt werden. Die Drähte pp der Fläschchen werden in die Rinnen r gelegt und der Hals der Fläschchen gegen die Stütze b gelehnt. Die Löcher ll in den Röhren M werden zur Erzeugung eines besseren Kontaktes mit je einem Tropfen Quecksilber gefüllt; ebenso werden die Rinnen r zum Theil mit Quecksilber gefüllt. Man schiebt die Drähte e so weit in die Röhren hinein, bis die Vakuumröhre Z aufleuchtet, und bestimmt aus mehreren solchen Einstellungen die Wellenlänge. Wenn man als Nullpunkt des Apparates diejenige Einstellung betrachtet, bei der ein Stück geraden Metalldrahtes an Stelle des Glaskolbens in die Rinnen r eingelegt ist und wenn man die Einstellung bei eingesetztem Glaskolben mit l bezeichnet, von jenem Nullpunkt an gerechnet, so gilt in grosser Annäherung $\operatorname{cotg} 2\pi \frac{l}{\lambda} = \delta_0 + \varepsilon\delta$, wo ε wieder die Diëlektrizitätskonstante

der Flüssigkeit bezeichnet, während δ_0 und δ zwei für jeden Glaskolben individuelle Konstanten sind. δ_0 ist proportional der elektrischen Kapazität der leeren Glaskolben, während δ fast für alle Kolben denselben Wert (0,1) besitzt; λ ist die Wellenlänge der elektrischen Schwingung in Luft. Am einfachsten benutzt man bei den Messungen Aichflüssigkeiten von bekannter Dielektrizitätskonstante und vergleicht diese mit der zu untersuchenden Flüssigkeit. Verf. giebt für Gemische von Azeton und Benzol, sowie von Azeton und Wasser die Werthe von ε an. Die Methode kann auch zur Bestimmung des Temperaturkoëffizienten von Flüssigkeiten und zur Untersuchung von festen Körpern, welche unterhalb 500° schmelzen, benutzt werden. Die Stärke der Absorption der betrachteten Flüssigkeit wird wieder durch die Intensität der Maxima in mehr qualitativer Weise bestimmt. Für eine grosse Anzahl von Substanzen und für verschiedene Gemische werden in der vorliegenden Arbeit die nach diesen beiden Methoden ermittelten Werthe der Dielektrizitätskonstante mitgeteilt und. soweit angängig, mit den Resultaten anderer Beobachter und mit den nach anderen Methoden erhaltenen Werthen verglichen. Es zeigt sich, dass die bereits eingangs erwähnte anomale Absorption im Wesentlichen durch das Vorhandensein der Hydroxylgruppe bedingt wird, wenn auch mehrere Ausnahmen von dieser Regel stattfinden. Bei den Körpern mit anomaler Absorption ist auch eine starke Dispersion vorhanden; bei langsamen Schwingungen ist in diesem Fall die Dielektrizitätskonstante wesentlich grösser, als bei den hier angewandten schnellen Schwingungen. *W. J.*

Ein einfacher Stromwechsler für Zwei- und Dreiphasenstrom.

Von H. Kuhfahl. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* ***11.*** *S. 163. 1898.*

Bei der von W. Weiler (*a. a. O.* ***5.*** *1891*) angegebenen Vorrichtung zur Umwandlung von Gleichstrom in Drehstrom ändert sich das Magnetfeld sprungweise; der von A. F. Weinhold (*a. a. O.* ***6.*** *S. 7. 1893*) ersonnene Apparat ist in dieser Hinsicht eine Verbesserung. Die von Kuhfahl beschriebene Vorrichtung knüpft vom Unterrichtsstandpunkt aus an Weiler's Apparat an, gestaltet den Verlauf der Stromumwandlung einfacher und übersichtlicher und macht ihn für die beiden Arten von Drehstrom verwendbar. Auf einer Grundplatte steht lothrecht als Klemmenträger ein rechteckiges Brettchen, das eine waagerechte Achse durchbohrt, die auf der Rückseite in eine Kurbel endigt. Auf der Vorderseite ist an der Achse eine hölzerne Kreisscheibe befestigt, die mit zwei Messingplatten von der in der Figur angegebenen Form belegt ist. Man kann sich die Belegung aus drei konzentrischen Ringen zusammengesetzt denken; aus dem mittleren ist an zwei gegenüberstehenden Stellen $^1/_{10}$ der Fläche strahlenförmig ausgeschnitten, der eine der beiden übrig bleibenden Ringausschnitte ist mit dem inneren und der andere mit dem äusseren Ringe aus einem Stücke gearbeitet. Bei der Anfertigung lässt man an den Enden dieser Ausschnitte kurze Blechansätze überstehen, biegt diese rechtwinklig nach hinten um und treibt sie in enge ausgeschnittene Spalte der Kreisscheibe ein. Dadurch werden die Belegungen genügend befestigt, das Aufbiegen der



Ränder verhindert und die Isolation gesichert. Der Gleichstrom einer Batterie wird in die Klemmen A_1 und A_2 geleitet und durch Federn in den Punkten a_1 und a_2 dem inneren und äusseren Ringe zugeführt. Die vier gleich langen Federn für die Ableitung nach dem Zweiphasenmotor schleifen auf dem mittleren Ringe; ihre Klemmen B_1, B_2, B_3 und B_4 stehen auf einem mit der Drehachse konzentrischen Kreise um je 90° von einander entfernt, sodass auch ihre Berührungsstellen mit dem mittleren Ringe b_1, b_2, b_3 und b_4 um 90° von einander abstehen. Bei der Drehung liefern B_1 und B_3 den einen, B_2 und B_4 den anderen Wechselstrom mit 90° Phasenverschiebung. Die Ausschnitte des mittleren Ringes müssten für Zweiphasenstrom eigentlich $^1/_8$ statt $^1/_{10}$ des Umfangs betragen, der Unterschied von $^1/_{40}$ kommt aber beim Gebrauche nicht in Betracht. Will man die Vorrichtung für Dreiphasenstrom benutzen, so löst man die mit Flügelschrauben in Schlitzen des Klemmenträgers befestigten Klemmen B_2 und B_3 und versetzt sie mit ihren Federn nach B'_2 und B'_3. Die Feder von B_4 lässt man herunterhängen. B_1, B'_2 und B'_3 sind um je 120° von einander entfernt. Die nicht leitenden Ausschnitte des mittleren Ringes müssten eigentlich je $^1/_{12}$ des Umfanges betragen, der Unterschied gegen $^1/_{10}$ kommt nicht in Betracht; jeder leitende Ausschnitt dieses Ringes hat daher nahezu die Länge $^5/_{12}$ des Umfanges. Die Firma Meiser & Mertig in Dresden liefert den Stromwechsler in guter Ausführung für 24 M. *H. H.-M.*

Neu erschienene Bücher.

Hans Schmidt, Das Fernobjektiv im Porträt-, Architektur- und Landschaftsfache. VI, 120 S. m. 10 Tafeln u. 12 Textfiguren. Berlin, G. Schmidt.

Nach den selbstbewussten Verheissungen des Vorworts will der Verf., auf Grund theoretischer und praktischer Erwägungen, sowohl im optischen als photochemischen Theil, eine wirklich rationelle Grundlage für die Praxis der Fernphotographie liefern. Seine zahlreichen Einzelarbeiten, welche einem zweijährigen ausschliesslichen Studium dieses Gegenstandes entsprungen sind, will derselbe hier zu einem abgerundeten Ganzen vereinigen und so dem Leser nicht ein einseitiges Rezeptenbuch, sondern einen guten, sicheren Wegweiser in der immerhin schwierigen Photographie mit dem Fernobjektiv bieten.

Der 1. Theil (kurze Einführung in die Optik), der die wichtigsten Abbildungsgesetze für unendlich dünne Linsen auseinandersetzt, ist vom Verf. mit der Begründung aufgenommen, dass ihm diese Lehre in den allgemeinen physikalischen und photographischen Lehrbüchern meist unzweckmässig behandelt schien. Als besonders gelungen kann Ref. jedoch diesen Versuch nicht bezeichnen; so wäre namentlich an vielen Stellen eine präzisere Fassung der Definitionen und Gesetze wünschenswerth gewesen, wenn sich auch der Verf. stets nur auf Aufzählung von Thatsachen ohne mathematischen Beweis oder Formel beschränken will.

Der 2. Theil lautet „Beschreibung der Objektive“. In demselben wird zunächst die Wirkungsweise des Teleobjektivs unter Hervorhebung der eigenthümlichen Vorzüge dargelegt.

Die Behandlung der perspektivischen Wirkung bei Fernlinsen ist, nach des Verf. Worten, zwar nicht streng wissenschaftlich, findet jedoch hier wegen ihrer leicht fasslichen Weise Anwendung. Diese Bemerkung kann aber nicht entschuldigen, dass die alte verwirrende Ansicht wieder vorgetragen wird, nach der die Brennweite maassgebend für die Perspektive sein soll. Der Scheinbeweis mit Hülfe der willkürlichen Voraussetzung, dass die Grösse des Bildes in den verschiedenen Fällen dieselbe sei, verdeckt nur den ursprünglichen Zusammenhang. Bei gegebenem Abstand zwischen der Ebene, auf die scharf eingestellt wird, und dem Mittelpunkt der Eintrittspupille ist die Brennweite des Objektivs *nur* noch für den Maassstab, *nicht* mehr für die Perspektive der Aufnahme entscheidend. Jede Aenderung dieses Abstandes aber führt eine Aenderung der Perspektive herbei. Auf eine Erörterung der eigenthümlichen perspektivischen Vorzüge des Teleobjektivs (für Nahaufnahmen) lässt sich Verf. hier gar nicht ein; doch mag ihm dies vorgeschwebt haben, als er

die falsche Behauptung von einer durch die Negativlinse bewirkten Aenderung des Bildes in Bezug auf Perspektive aufstellte (*S. 55*).

Dass ein gewöhnliches Objektiv von gleicher Brennweite wie ein Teleobjektiv mit diesem infolge der höheren Herstellungskosten nicht konkurriren könne, wie es *S. 41* heisst, ist nicht zutreffend. Bei gleicher Lichtstärke würde ersteres, da der Preis des Objektivs im Allgemeinen nach dem Linsen-Durchmesser berechnet wird, sogar billiger sein, da die Kosten der Negativlinse fortfallen, ganz abgesehen davon, dass das gewöhnliche Objektiv bei dem kleinen Oeffnungsverhältniss günstigere Konstruktionsbedingungen gewährt. Die Vorzüge des kurzen Kameraauszugs und der freien Variabilität der Brennweite sind ja auch entscheidend genug. Die Regel, dass die Grösse des scharfen Bildes beim Teleobjektiv ungefähr gleich dem Produkt aus der Vergrösserung und dem Durchmesser des Vorderglieds ist, mag zufällig in der Praxis einmal gestimmt haben; die Begründung ihrer allgemeinen Gültigkeit dürfte dem Verf. nicht gelingen.

Bei der Beschreibung der von den verschiedenen Optikern auf den Markt gebrachten Teleobjektiv-Konstruktionen hätten wohl die Auszüge aus den Katalogen etwas sparsamer gehalten werden können. Namentlich die langen Listen von gewöhnlichen, als Vorderglied geeigneten Objektiven, wo die ganze Reihe der beim Optiker vorräthigen Brennweiten mitgetheilt wird, könnten in einem Lehrbuch fehlen.

Der 3. und 4. Theil des Buches (Anwendung des Fernobjektivs. Das praktische Arbeiten mit dem Fernobjektiv) scheinen dem Ref. die werthvolleren zu sein, wenn er auch das Selbstlob des Verf., dass dieser praktische Theil *zum ersten Mal* eine genaue Ausführung der Fernphotographie, wie sie in der Praxis der Lichtbildkunst Verwendung finden kann, bietet, nicht für berechtigt hält, da etwas wesentlich Neues auch hier nicht zu finden ist. Immerhin wird Manchem die etwas ausführlichere Behandlung dieses Gegenstands erwünscht sein, der sonst in Gebrauchsanweisungen und Schriften nur mit den wichtigsten Bemerkungen bedacht war, indem eine genaue Bekanntschaft mit der gewöhnlichen photographischen Praxis vorausgesetzt wurde.

Anhangsweise hätte die vorhandene Litteratur erwähnt werden können, die auch nach dem Erscheinen des in der Hauptsache hiernach zusammengestellten Werks des Verf. ihren selbstständigen Werth behaupten dürfte. Dagegen verdient die Beigabe der Tafeln, welche die verschiedenartige Verwendungsweise des Teleobjektivs durch eine Reihe Aufnahmen illustriren, Anerkennung.

Auf die Anordnung des Stoffs und die Form der Darstellung hätte mehr Sorgfalt verwandt werden können; auch sind Ausdrücke wie Umhüllung statt Oberfläche des Glases, negativer statt virtueller Brennpunkt, optisch und chemisch statt für photographische Zwecke achromatisirt, keine glückliche Neubildungen.

Trotz der hervorgehobenen Mängel dürfte das Buch wegen der ausführlichen Anleitung manchem Praktiker willkommen sein und trägt hoffentlich zur Einführung dieses Instruments bei. Die Prophezeiung des Verf., dass dasselbe das Universalinstrument der Zukunft bilde, dürfte allerdings nicht in Erfüllung gehen, da es in Bezug auf Gesichtsfeld und Lichtstärke die gewöhnlichen Objektive kaum erreichen wird. *A. K.*

Notiz.

In der Abhandlung von K. Strehl, Theorie des Mikroskopes, in *dieser Zeitschr.* ***18.*** *S. 301. 1898* lies auf *S. 310* Z. 9 u. 10

$$\int_{(0^0)}^{(360^0)} \quad \text{statt} \quad \int_0^{360}.$$

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVIII. Jahrgang. **Dezember 1898.** Zwölftes Heft.

Zur Theorie der zweitheiligen verkitteten Fernrohrobjektive.

Von
Dr. **H. Harting** in Jena.
(Mittheilung aus der optischen Werkstaette von C. Zeiss.)

Die Diskussion der zweitheiligen Fernrohrobjektive ist von jeher eine Lieblingsaufgabe der mit geometrischer Optik sich beschäftigenden Physiker und Mathematiker gewesen; es hat dies seinen Grund darin, dass die Bedingungen, denen ein zweitheiliges Fernrohrobjektiv zu genügen hat, sich auf verhältnissmässig einfache Art und Weise in ein mathematisches Gewand kleiden lassen, weshalb es auch in den meisten Fällen gelingt, die unbekannten Krümmungsmaasse der zwei Linsen direkt, ohne numerisches Probiren, aus quadratischen Gleichungen zu berechnen. Welches die Bedingungen und die entsprechenden mathematischen Ausdrücke sind, auf welche die Einzelnen ihre Theorie eines astronomischen zweitheiligen Fernrohrobjektives aufbauten, ersieht man am besten aus der vortrefflichen Abhandlung von Moser (*diese Zeitschr. 7. S. 225 u. 308. 1887*), die am Schluss die von Moser entwickelten Gleichungen für die vier Radien eines Fernrohrobjektives enthält, das

1. eine vorgeschriebene *Brennweite* hat,
2. *achromatisch* ist,
3. frei von *sphärischer Aberration* ist,
4. die *Sinusbedingung* erfüllt, mit deren Erfüllung die Aufhebung der sphärischen Aberration in zur Achse schwach geneigten Büscheln identisch ist.

Es sind dies die Bedingungen, denen jedes gute astronomische Fernrohrobjektiv, soweit es nicht für Spezialzwecke konstruirt ist, genügen muss; hierzu kommt noch als fünfte Bedingung, welche die technische Ausführung mit sich bringt, dass für kleine Objektive, etwa bis zu 50 *mm* Oeffnung, die *Innenradien* zwecks Verkittung der beiden Linsen *gleich* sein müssen. Um auch dieser fünften Bedingung Genüge leisten zu können, muss man, da die Linsendicken ohne wesentlichen Einfluss auf die Korrektion des Systems sind, die Glassorten passend auswählen, um so noch ein fünftes veränderliches Element zu erhalten.

Im Frühjahr dieses Jahres hatte ich als Mitarbeiter der optischen Werkstaette von C. Zeiss in Jena Veranlassung, mich mit der Aufgabe zu beschäftigen, für welche Kombination aus Glaspaaren sich ein zweitheiliges, *verkittetes* Fernrohrobjektiv konstruiren lässt, das den Bedingungen 1. bis 4. genügt, und die Radien, Brechungsquotienten und Dispersionen in tabellarischen Zusammenhang mit einander zu bringen. Hr. Prof. Abbe schlug mir nun vor, zur Vereinfachung des numerischen Apparates, die Bedingungen, welche sich stets durch Anwendung entsprechender Krümmungsmaasse realisiren lassen, von der Bedingung zu trennen, die nur in einzelnen, unstetig

und grösstentheils noch unregelmässig verlaufenden Fällen erfüllt werden kann, also die Dispersionsverhältnisse der Glasarten, die in die Formulirung der Achromasie eingehen, zunächst ausser Acht zu lassen und für alle Kombinationen von Brechungsquotienten zwischen zwei durch die praktische Anwendung gegebenen Grenzen ein zweitheiliges, verkittetes Fernrohrobjektiv zu berechnen, das bei gegebener Brennweite frei von sphärischer Aberration ist und die Sinusbedingung erfüllt, um dann schliesslich bei jeder Kombination das Verhältniss der Dispersionen des Flint- und Crownglases nachträglich zu bestimmen, für welches das Objektiv achromatisch ist. Wie die folgenden Untersuchungen zeigen werden, ist dieser Weg in der That der einzig rationelle, während man bei einer andern Anlage der Rechnung, z. B. durch Ermittelung des Falles für jede Kombination, für den die Moser'schen Formeln gleiche Innenradien geben, auf grossem Umwege zu undeutlichen und unübersichtlichen Resultaten kommen würde. Hr. Prof. Abbe hat ferner noch eine Reihe von Formeln für eine schnelle numerische Rechnung entwickelt, die ich im § 2 wiedergebe.

Im Folgenden behandelt § 1 die mathematische Aufstellung und Entwicklung der drei Bedingungen, denen nach Obigem bei gegebenen Brechungsquotienten die drei Radien des Objektives zu genügen haben, § 2 die Ableitung der Formeln von Abbe, § 3 die Diskussion des Grenzfalles, wenn der Unterschied der Brechungsquotienten sich der Null nähert, § 4 die numerische Anwendung des § 2 und § 5 die Vergleichung der Resultate des § 4 mit den gegebenen Kombinationsmöglichkeiten des Schott'schen Glaskataloges.

§ 1.

Ich führe im Folgenden nachstehende Bezeichnungen ein:

n_1 und n_2 sind die auf die D-Linie bezogenen Brechungsquotienten der ersten und zweiten Linse, deren Dicken d_1 und d_2 sind;

dn_1 und dn_2 sind die zugehörigen Dispersionen zwischen der C- und F-Linie;

ϱ_1, ϱ_2, ϱ_3 sind die reziproken Werthe der drei Radien r_1, r_2, r_3;

s_1, s_2, s_3 sind die Abstände der Schnittpunkte des einfallenden, bezüglich des an der ersten und zweiten Fläche gebrochenen Strahles mit der Achse vom Scheitel der 1., 2., 3. Fläche;

s_1', s_2', s_3' sind die Schnittweiten der an der 1., 2., 3. Fläche gebrochenen Strahlen;

σ, σ' sind die Reziproken von s, s'.

Setzt man

$$Q_k = n_{k-1}(\varrho_k - \sigma_k) = n_k(\varrho_k - \sigma'_k)$$

$$f_k = \frac{\sigma'_k}{n_k} - \frac{\sigma_k}{n_{k-1}}$$

und

$$\frac{h_k}{h_1} = \frac{\sigma'_{k-1}}{\sigma_k} \cdot \frac{\sigma'_{k-2}}{\sigma_{k-1}} \cdots\cdots \frac{\sigma'_1}{\sigma_2},$$

so wird bei endlichen Dicken der Ausdruck für die Erfüllung der Sinusbedingung

$$S_1 = \sum_1^3 \left(\frac{h_k}{h_1}\right)^3 Q_k\, f_k = 0,$$

für die Aufhebung der sphärischen Abweichung auf der Achse[1])

$$S_2 = \sum_1^3 \left(\frac{h_k}{h_1}\right)^4 Q_k^2\, f_k = 0.$$

Die höheren Glieder der Aberrationen müssen ausser Acht bleiben.

[1]) Vgl. Czapski, Theorie der optischen Instrumente nach Abbe. Breslau 1893. *S. 90, 116 u. 126.*

Weiter nehme ich, um eine mathematische Entwicklung nicht von vornherein abzuschneiden, d_1 und d_2 Null an und beschränke mich zunächst auf ein *System zweier unendlich dünner Linsen.*

Beachtet man, dass für ein astronomisches Fernrohrobjektiv $\sigma_1 = 0$ wird, so findet man

$$\sigma_2 = + \frac{n_1 - 1}{n_1} \varrho_1$$

$$\sigma_3 = + \frac{n_1 - 1}{n_2} \varrho_1 + \frac{n_2 - n_1}{n_2} \varrho_2$$

$$\sigma_3' = + (n_1 - 1) \varrho_1 + (n_2 - n_1) \varrho_2 + (1 - n_2) \varrho_3$$

$$Q_1 = + \varrho_1$$
$$Q_2 = - (n_1 - 1) \varrho_1 + n_1 \varrho_2$$
$$Q_3 = - (n_1 - 1) \varrho_1 - (n_2 - n_1) \varrho_2 + n_2 \varrho_3$$

$$f_1 = + \frac{n_1 - 1}{n_1^2} \varrho_1$$

$$f_2 = + \frac{(n_1 - 1)(n_1 - n_2)(n_1 + n_2)}{n_1^2 n_2^2} \varrho_1 + \frac{n_2 - n_1}{n_2^2} \varrho_2$$

$$f_3 = + \frac{(n_1 - 1)(n_2 - 1)(n_2 + 1)}{n_2^2} \varrho_1 + \frac{(n_2 - n_1)(n_2 - 1)(n_2 + 1)}{n_2^2} \varrho_2 - (n_2 - 1) \varrho_3 .$$

Zur Vereinfachung setze ich die Brennweite $= 1$ und finde

$$\varrho_3 = + \frac{n_1 - 1}{n_2 - 1} \varrho_1 + \frac{n_2 - n_1}{n_2 - 1} \varrho_2 - \frac{1}{n_2 - 1}$$

$$Q_3 = + \frac{n_1 - 1}{n_2 - 1} \varrho_1 + \frac{n_2 - n_1}{n_2 - 1} \varrho_2 - \frac{n_2}{n_2 - 1}$$

$$f_3 = - \frac{n_1 - 1}{n_2^2} \varrho_1 - \frac{n_2 - n_1}{n_2^2} \varrho_2 + 1 .$$

Die Gleichungen $\Sigma Qf = 0$ und $\Sigma Q^2 f = 0$ geben zwei Gleichungen mit zwei Unbekannten ϱ_1 und ϱ_2, von denen die erste Gleichung zweiten, die zweite dritten Grades ist; es ist also zu erwarten, dass nach Eliminirung der einen Unbekannten sich für die übrigbleibende eine Gleichung *sechsten* Grades ergeben wird.

Aus der Gleichung $S_1 = 0$ folgt durch Ausmultipliziren und Auflösen nach ϱ_1

$$\varrho_1 = + \varrho_2 \frac{2 n_1 + n_2 - 1}{2 (n_1 + n_2 - 1)} - \frac{n_1 (n_2 + 1)}{2 (n_2 - n_1)(n_1 + n_2 - 1)}$$

$$\pm \sqrt{+ \varrho_2^2 \frac{(n_2 - 1)^2}{4 (n_1 + n_2 - 1)^2} - \varrho_2 \frac{n_1 (n_2 + 1)(n_2 - 1)(n_1 + 2 n_2 - 1)}{2 (n_1 - 1)(n_2 - n_1)(n_1 + n_2 - 1)^2} + \frac{n_1 (n_2 - 1)[4 n_2^3 - n_1 (n_1 - 1)(3 n_2 + 1)]}{4 (n_1 - 1)(n_2 - n_1)^2 (n_1 + n_2 - 1)^2}} .$$

In ähnlicher Weise ergiebt die Gleichung $S_2 = 0$

$$+ \varrho_1^3 (n_1 - 1)(n_2 - n_1)[2 (n_1 + n_2 - 1)^2 - n_1 n_2 (n_1 + n_2)] + \varrho_1^2 \varrho_2 (n_1 - 1)^2 (n_2 - n_1)[3 n_1 (n_2 - 2) + 2 (n_2 - 1)^2]$$
$$- \varrho_1 \varrho_2^2 (n_1 - 1)(n_2 - n_1) n_1 [4 + (n_2 - 2) n_2 + 3 n_1)] + \varrho_2^3 (n_2 - n_1)(n_1 - 1)(n_2 + n_1 n_2 - 2 n_1) n_1$$
$$+ \varrho_1^2 n_1 (n_1 - 1)^2 (n_2 + 2) + 2 \varrho_1 \varrho_2 n_1 (n_1 - 1)(n_2 - n_1)(n_2 + 2) + \varrho_2^2 n_1 (n_2 - n_1)^2 (n_2 + 2)$$
$$- \varrho_1 n_1 n_2 (n_1 - 1)(2 n_2 + 1) - \varrho_2 n_1 n_2 (n_2 - n_1)(2 n_2 + 1) + n_1 n_2^3 = 0.$$

Um nun wirklich zu einer Gleichung für ϱ_2 zu gelangen, hat man zunächst die zweite und dritte Potenz der Gleichung für ϱ_1 zu bilden, dann diese Werthe in die Gleichung $S_2 = 0$ einzusetzen, sämmtliche mit der in ϱ_1 auftretenden Quadratwurzel multiplizirten Grössen auf eine Seite der Gleichung zu bringen und diese endlich zu quadriren. Es ergiebt sich dann, dass der Koëffizient von ϱ_2^6 *Null*, und dass die Bestimmungsgleichung für ϱ_2 vom *fünften* Grade wird; die in dieser Gleichung auftretenden Koëffizienten werden jedoch so komplizirt, dass man viel schneller zum Ziel kommt, wenn man in die eben angeführten Gleichungen für ϱ_1 und $\varrho_2 = 0$ die gege-

benen Werthe von n_1 und n_2 einsetzt und die Rechnung numerisch fortführt. Da also eine allgemeine Diskussion der Gleichung für ϱ_2 wegen der Unübersichtlichkeit der Koëffizienten unmöglich ist, will ich die abgeleiteten Formeln auf einen speziellen Fall anwenden.

Für $n_1 = 1{,}56$, $n_2 = 1{,}51$ wird

$$\varrho_1 = +\,0{,}876814\,\varrho_2 + 18{,}91600 \pm \sqrt{+\,0{,}0151754\,\varrho_2^2 + 29{,}7937\,\varrho_2 + 296{,}4443}\,;$$

$$-\,0{,}0374670\,\varrho_1^3 + 0{,}02780064\,\varrho_1^2\varrho_2 + 0{,}0422342\,\varrho_1\varrho_2^2 - 0{,}0325678\,\varrho_2^3 + 1{,}71715\,\varrho_1^2 - 0{,}0306634\,\varrho_1\varrho_2 + 0{,}0136890\,\varrho_2^2 - 5{,}30293\,\varrho_1 + 0{,}473476\,\varrho_2 + 5{,}37101 = 0,$$

und hieraus

$$+\,0{,}00060435\,\varrho_2^5 + 1{,}17421\,\varrho_2^4 - 12{,}436\,\varrho_2^3 + 22{,}137\,\varrho_2^2 - 16{,}030\,\varrho_2 + 326{,}40 = 0\,.$$

Ich führe statt ϱ_2 den Radius r_2 ein und bekomme entsprechend

$$r_2^5 - 0{,}049111\,r_2^4 + 0{,}067822\,r_2^3 - 0{,}038100\,r_2^2 + 0{,}0035975\,r_2 + 0{,}0000018515 = 0\,.$$

Diese Gleichung hat eine ungerade Zahl von Wurzeln und zwar 3 reelle und 2 imaginäre Wurzeln:

$$r_2 = \begin{cases} +\,0{,}20555 \\ +\,0{,}12880 \\ -\,0{,}0004393 \\ -\,0{,}1424 + 0{,}3410\,\sqrt{-1} \\ -\,0{,}1424 - 0{,}3410\,\sqrt{-1}\,. \end{cases}$$

In einem System zweier sich berührender unendlich dünner Linsen muss sein

$$\frac{dn_1}{dn_2} = \frac{\varrho_2 - \varrho_3}{\varrho_2 - \varrho_1},$$

damit Achromasie auf der Achse stattfindet; wir bekommen also folgende drei Systeme mit den Brechungsquotienten 1,56 und 1,51, die bei der *Brennweite Eins frei von sphärischer Aberration* sind, die *Sinusbedingung* erfüllen und *für das angegebene Dispersionsverhältniss achromatisch sind.*

$$\text{I}\quad r_1 = +\,0{,}4621,\quad r_2 = +\,0{,}2056,\quad r_3 = -\,16{,}24\qquad \frac{dn_1}{dn_2} = +\,1{,}82$$

$$\text{II}\quad r_1 = +\,0{,}02053,\quad r_2 = +\,0{,}1288,\quad r_3 = +\,0{,}01970\qquad \frac{dn_1}{dn_2} = +\,1{,}05$$

$$\text{III}\quad r_1 = -\,0{,}0004802,\quad r_2 = -\,0{,}0004393,\quad r_3 = -\,0{,}0004846\qquad \frac{dn_1}{dn_2} = +\,1{,}10\,.$$

Meine Rechnungen haben sich noch über andere Kombinationen erstreckt, und überall bin ich zu demselben Resultat gekommen, dass die Gleichung fünften Grades für ϱ_2 *drei reelle* Wurzeln hat. Zwei dieser Wurzeln haben, wenn man die Parallele ziehen darf, Aehnlichkeit mit den beiden Lösungen in der Theorie des zweitheiligen nichtverkitteten Fraunhofer'schen Objektives; die eine, System I, ist die normale, sie führt auf die in der Praxis anwendbaren Radien, die zweite, System II, giebt sehr kleine Aussenradien und hat nur theoretisches Interesse. Ausserdem tritt aber hier noch ein drittes System auf, das auf ganz absonderliche Krümmungen führt, die im wesentlichen von dem Koëffizienten der fünften Potenz in der Gleichung für ϱ_2, den ich überall sehr klein gefunden habe, abhängen.

Welchen Werth von ϱ_1 man übrigens aus der quadratischen Gleichung zwischen ϱ_1 und ϱ_2 zu entnehmen hat, geht aus der Gleichung $\Sigma Q^2 f = 0$ hervor; man bilde die Grössen Q und f und sehe nach, für welches ϱ_1 diese Summe Null wird.

§ 2.

Um nun zu einer tabellarischen Zusammenstellung aller Systeme für die möglichen Kombinationen von Brechungsquotienten zu gelangen, wären die Gleichungen des vorigen Paragraphen der Reihe nach numerisch auszurechnen. Um diese ausserordentlich grosse Arbeit, die immerhin nur Aufschluss über das Verhalten unendlich dünner Linsen geben würde, zu vermeiden, geht man folgendermaassen vor.

Die Bedingungsgleichungen für Systeme mit endlichen Dicken sind

$$Q_1^2 f_1 + \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^4 Q_2^2 f_2 + \left(\frac{h_3}{h_1}\right)^4 Q_3^2 f_3 = 0$$

$$Q_1 f_1 + \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^3 Q_2 f_2 + \left(\frac{h_3}{h_1}\right)^3 Q_3 f_3 = 0,$$

und hieraus

$$Q_3^2 f_3 = -\left(\frac{h_1}{h_3}\right)^4 Q_1^2 f_1 - \left(\frac{h_2}{h_3}\right)^4 Q_2^2 f_2 = A$$

$$Q_3 f_3 = -\left(\frac{h_1}{h_3}\right)^3 Q_1 f_1 - \left(\frac{h_2}{h_3}\right)^3 Q_2 f_2 = B.$$

Nimmt man für ϱ_1 und ϱ_2 bestimmte Werthe an, so kann man A und B numerisch berechnen und man ist in die Lage versetzt, aus den beiden Gleichungen: $Q_3^2 f_3 = A$ und $Q_3 f_3 = B$ auch ϱ_3 zu bestimmen, da ja Q_3 und f_3 Funktionen von ϱ_3 sind. Im Allgemeinen wird aber aus der Gleichung für A ein anderer Werth von ϱ_3 folgen als aus der für B; das Kennzeichen dafür, dass zu einem willkürlich aufgenommenen ϱ_1 das richtige ϱ_2 gefunden ist, ist gegeben durch das Identischwerden des ϱ_3 aus beiden Gleichungen.

Nun ist

$$Q_3 = n_2(\varrho_3 - \sigma_3) = \varrho_3 - \sigma_3'$$

$$f_3 = \sigma_3' - \frac{\sigma_3}{n_2} = \frac{n_2^2 - 1}{n_2}\sigma_3 - (n_2 - 1)\varrho_3,$$

und man hat

$$Q_3 = \frac{A}{B}, \qquad f_3 = \frac{B^2}{A},$$

mithin

$$\frac{A}{B} = n_2\varrho_3 - n_2\sigma_3$$

$$\frac{B^2}{A} = \frac{n_2^2 - 1}{n_2}\sigma_3 - (n_2 - 1)\varrho_3.$$

Diese Gleichungen bestehen dann und nur dann für dasselbe ϱ_3 zusammen, wenn

$$\sigma_3 + \frac{1}{n_2}\frac{A}{B} = \frac{n_2 + 1}{n_2}\sigma_3 - \frac{1}{n_2 - 1}\frac{B^2}{A},$$

oder

$$M = \frac{1}{n_2}\left(\frac{A}{B} - \sigma_3\right) + \frac{1}{n_2 - 1}\frac{B^2}{A} = 0.$$

Man setzt also zum Beispiel $\varrho_2 = +1$ und bestimmt ϱ_1 durch Versuche so, dass $M = 0$ wird; dann hat man den richtigen Werth von ϱ_2 und das zugehörige ϱ_3 ergiebt sich aus der Gleichung

$$\varrho_3 = \sigma_3 + \frac{1}{n_2}\frac{A}{B}.$$

Für die numerische Rechnung ist es vortheilhaft, falls der Werth von ϱ_1, für den $M = 0$ wird, zu interpoliren ist zwischen zwei ϱ_2, für die σ_3, A und B berechnet sind, ϱ_3 mit den *interpolirten* Werthen dieser drei Grössen zu berechnen.

Das System wird *achromatisch*, wenn die Gleichung besteht

$$\sum_1^3 \left(\frac{h_k}{h_1}\right)^2 Q_k \left(\frac{dn_k}{n_k} - \frac{dn_{k-1}}{n_{k-1}}\right) = 0,$$

oder

$$Q_1 \frac{dn_1}{n_1} + \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^2 Q_2 \left(\frac{dn_2}{n_2} - \frac{dn_1}{n_1}\right) - \left(\frac{h_3}{h_1}\right)^2 Q_3 \frac{dn_2}{n_2} = 0.$$

Hieraus folgt

$$\frac{dn_2}{dn_1} = \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{Q_1 - \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^2 Q_2}{\left(\frac{h_3}{h_1}\right)^2 Q_3 - \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^2 Q_2}.$$

Dieses Verhältniss müssen also die Dispersionen der beiden Gläser haben, damit Achromasie auf der Achse stattfindet.

Die reziproke Brennweite wird

$$\varphi = \sigma_3' \frac{h_3}{h_1},$$

und fällt natürlich für jede Kombination verschieden aus. Um die errechneten Systeme mit einander vergleichbar zu machen, hat man die gegebenen Dicken und gefundenen Radien mit φ zu multipliziren und erhält dann überall die Brennweite *Eins*.

Eine wesentliche Vereinfachung erhalten diese Formeln, wenn man sich auf ein System zweier unendlich dünner Linsen beschränkt, also $d_1 = d_2 = 0$ setzt. Dann wird

$$A = -\frac{n_1 - 1}{n_1^2} \varrho_1^3 + \frac{(n_1 - 1)^2 (n_2 - n_1)(n_2 + n_1)}{n_1^2 n_2^2} \left(\varrho_1 - \frac{n_1}{n_1 - 1} \varrho_2\right)^2 \left(\varrho_1 - \frac{n_1^2}{(n_1 - 1)(n_2 + n_1)} \varrho_2\right)$$

$$B = -\frac{n_1 - 1}{n_1^2} \varrho_1^2 - \frac{(n_1 - 1)^2 (n_2 - n_1)(n_2 + n_1)}{n_1^2 n_2^2} \left(\varrho_1 - \frac{n_1}{n_1 - 1} \varrho_2\right) \left(\varrho_1 - \frac{n_1^2}{(n_1 - 1)(n_2 + n_1)} \varrho_2\right)$$

$$C = +\frac{n_1 - 1}{n_2} \varrho_1 + \frac{n_2 - n_1}{n_2} \varrho_2 = \sigma_3.$$

In diesen Gleichungen hat man nun ϱ_1 oder ϱ_2 als bekannt anzunehmen; trotz der allerdings nur unbedeutenden numerischen Mehrarbeit ist es praktischer, von ϱ_2 auszugehen und zu setzen

$\varrho_2 = -1$ im Falle $n_1 < n_2$ *Crown voraus*

$\varrho_2 = +1$ im Falle $n_1 > n_2$ *Flint voraus.*

Unter dieser Annahme werden sämmtliche Kombinationen von Brechungsquotienten erschöpft; die Gleichungen für A und B enthalten als Koëffizienten nur noch einfache Funktionen der Brechungsquotienten.

Zur numerischen Berechnung wird gesetzt

$$\alpha = \frac{n_1}{n_1 - 1} \qquad \alpha' = \frac{1}{\alpha n_1}$$

$$\beta = \alpha \frac{n_1}{n_2 + n_1} = \frac{n_1^2}{(n_1 - 1)(n_2 + n_1)}$$

$$\gamma = \frac{(n_1 - 1)(n_2 - n_1)}{\beta n_2^2} \qquad \gamma' = \gamma (n_1 - 1)$$

$$\delta = \frac{n_1 - 1}{n_2} \qquad \varepsilon = \frac{n_2 - n_1}{n_2};$$

$\alpha, \alpha', \beta, \delta$ sind stets positiv; dagegen werden $\gamma, \gamma', \varepsilon$ ebenso wie ϱ_2 für Crown voraus ($n_1 < n_2$) negativ, für Flint voraus ($n_1 > n_2$) positiv. Führen wir jedoch sämmtliche Werthe $\alpha, \alpha', \beta, \gamma, \gamma', \delta, \varepsilon$ und ϱ_2 mit ihrem *absoluten* Betrage ein, so bekommen wir, je nachdem n_1 kleiner oder grösser als n_2 ist

I. *Crown voraus*, $n_1 < n_2$

$$A = -\alpha' \varrho_1^3 - \gamma' (\varrho_1 + \alpha)^2 (\varrho_1 + \beta) \qquad \frac{dn_2}{dn_1} = \frac{\varrho_1 + 1}{\varrho_3 + 1}$$

$$B = -\alpha' \varrho_1^2 + \gamma\, (\varrho_1 + \alpha)\, (\varrho_1 + \beta)$$

$$C = +\delta \varrho_1 + \varepsilon.$$

II. *Flint voraus*, $n_1 > n_2$

$$A = -\alpha' \varrho_1^3 + \gamma' (\varrho_1 - \alpha)^2 (\varrho_1 - \beta) \qquad \frac{dn_1}{dn_2} = \frac{\varrho_3 - 1}{\varrho_1 - 1}$$
$$B = -\alpha' \varrho_1^2 - \gamma (\varrho_1 - \alpha)(\varrho_1 - \beta)$$
$$C = +\delta \varrho_1 + \varepsilon .$$

ϱ_1 ist nun so zu bestimmen, dass der Gleichung zwischen A, B und C

$$M = \frac{1}{n_2}\left(\frac{A}{B} - C\right) + \frac{1}{n_2 - 1}\frac{B^2}{A} = 0$$

Genüge geleistet wird; dann ergiebt sich der letzte Radius aus der Gleichung

$$\varrho_3 = C + \frac{1}{n_2}\frac{A}{B},$$

und die reziproke Brennweite wird

$$\varphi = (n_1 - 1)\varrho_1 + (n_2 - n_1)\varrho_2 - (n_2 - 1)\varrho_3 .$$

Mittels dieser Gleichungen lässt sich sehr schnell ein System von Radien finden, das den aufgestellten Bedingungen genügt; nur erhält man in dieser Anordnung keinen Aufschluss darüber, wieviel solcher Systeme existiren. Um dies zu ermitteln, müsste man die Gleichung $M = 0$ in eine algebraische Gleichung verwandeln und käme damit ungefähr auf die Formeln des vorigen Paragraphen.

§ 3.

Von Interesse ist es noch, auf die Diskussion des Grenzfalles näher einzugehen, dem sich ein System zweier Linsen, welches den im § 1 aufgestellten Bedingungen genügt, nähert, wenn die Differenz der Brechungsquotienten der beiden Linsen unendlich klein wird. Der Einfachheit wegen nehme ich die Linsen als unendlich dünn an, da sonst die mathematischen Entwicklungen zu umständlich werden würden.

Wie man sofort erkennt, nähern sich die beiden Aussenradien des Objektives mit kleiner werdender Differenz der Brechungsquotienten festen Grenzen, und infolge dessen muss der mittlere Radius, um an der Kompensirung der sphärischen Aberration Theil nehmen zu können, um so mehr gekrümmt werden, je weniger verschieden die beiden Linsen brechen, bis er schliesslich den Grenzwerth Null erreicht. Wie dies geschieht und welches die Grenzwerthe der beiden Aussenradien sind, lässt sich leicht aus der Gleichung $M = 0$ ableiten. Es war

$$A = -\frac{n_1 - 1}{n_1^2}\varrho_1^3 - \frac{n_1^2 (n_2 - n_1)}{n_2^2}\left(\varrho_2 - \frac{n_1 - 1}{n_1}\varrho_1\right)^2 \left(\varrho_2 - \frac{(n_1 - 1)(n_2 + n_1)}{n_1^2}\varrho_1\right)$$
$$B = -\frac{n_1 - 1}{n_1^2}\varrho_1^2 - \frac{n_1 (n_2 - n_1)}{n_2^2}\left(\varrho_2 - \frac{n_1 - 1}{n_1}\varrho_1\right)\left(\varrho_2 - \frac{(n_1 - 1)(n_2 + n_1)}{n_1^2}\varrho_1\right).$$

Beim Uebergange zur Grenze ist ϱ_1 gegen ϱ_2, welches sich dem Werthe unendlich nähert, zu vernachlässigen, und es ergiebt sich, wenn ich den Brechungsquotienten des Objektives im Grenzfalle mit n und die Differenz der Brechungsquotienten $n_2 - n_1$ mit ω bezeichne

$$\lim A = -\frac{n - 1}{n^2}\varrho_1^3 - \omega \varrho_2^3$$
$$\lim B = -\frac{n - 1}{n^2}\varrho_1^2 - \frac{\omega}{n}\varrho_2^2$$
$$\lim C = +\frac{n - 1}{n}\varrho_1 + \frac{\omega}{n}\varrho_2 .$$

Diese Grössen haben der Gleichung zu genügen

$$M = \frac{1}{n}\left(\frac{A}{B} - C\right) + \frac{1}{n - 1}\frac{B^2}{A} = 0 .$$

Eine kurze Ueberlegung zeigt, dass, während ω sich der Null nähert, ϱ_2 so ins Unendliche wachsen muss, dass *das Produkt* $\omega \varrho_2^3$ *noch einen endlichen Werth behält*, da

für jede andere Annahme, z. B. des Endlichbleibens von $\omega \varrho_2^2$, die Gleichung $M = 0$ keinen Sinn hat. Es müssen also die Produkte $\omega \varrho_2$ und $\omega \varrho_2^2$ unendlich klein werden. und wir erhalten als Grenzwerthe

$$\lim A = -\frac{n-1}{n^2} \varrho_1^3 - \omega \varrho_2^3$$

$$\lim B = -\frac{n-1}{n^2} \varrho_1^2$$

$$\lim C = +\frac{n-1}{n} \varrho_1 .$$

Tragen wir diese Werthe in die Gleichung $M = 0$ ein, so wird

$$(n-1)\left(\frac{n-1}{n^2}\varrho_1^3 + \omega\varrho_2^3\right)^2 - \frac{(n-1)^2}{n^3}\varrho_1^3\left(\frac{n-1}{n^2}\varrho_1^3 + \omega\varrho_2^3\right) - \frac{(n-1)^3}{n^5}\varrho_1^6 = 0 .$$

Ferner wird

$$\varrho_3 = \frac{n-1}{n}\varrho_1 + \frac{1}{n}\,\frac{\frac{n-1}{n^2}\varrho_1^3 + \omega\varrho_2^3}{\frac{n-1}{n^2}\varrho_1^2} .$$

Eliminirt man aus diesen beiden Gleichungen den Ausdruck $\frac{n-1}{n}\varrho_1^3 + \omega\varrho_2^3$, so erhält man schliesslich eine Gleichung zwischen ϱ_1 und ϱ_3

$$\left(\varrho_3 - \frac{n-1}{n}\varrho_1\right)^2 - \frac{n-1}{n^2}\varrho_1\left(\varrho_3 - \frac{n-1}{n}\varrho_1\right) - \frac{\varrho_1^2}{n^3} = 0$$

und hieraus

$$\varrho_3 = \varrho_1 \cdot \frac{2n^2 - n - 1 \pm (n+1)}{2n^2} .$$

Von den beiden Wurzeln der Gleichung ist die positive zu verwerfen, da sie $\varrho_3 = \varrho_1$ und somit eine unendlich grosse Brennweite ergiebt. Demnach wird

$$\varrho_3 = \varrho_1 \frac{n^2 - n - 1}{n^2} .$$

In der Gleichung für die reziproke Brennweite

$$\varphi = (n_1 - 1)\varrho_1 + \omega\varrho_2 - (n_2 - 1)\varrho_3$$

nähert sich $\omega\varrho_2$ dem Werthe Null, und mithin wird im Grenzfall für die Brennweite Eins

$$1 = (n-1)(\varrho_1 - \varrho_3) ,$$

woraus ϱ_1 und ϱ_3 folgen.

$\omega\varrho_2^3$ ergiebt sich aus der Gleichung

$$\omega\varrho_2^3 = \frac{n-1}{n}\varrho_1^2\varrho_3 - \left(\frac{n-1}{n}\right)^2\varrho_1^3 - \frac{n-1}{n^2}\varrho_1^3 ,$$

und der Grenzwerth des Verhältnisses der Dispersionen, welche ein achromatisches System haben muss,

$$\frac{dn_2}{dn_1} = \frac{1 - \frac{\varrho_1}{\varrho_2}}{1 - \frac{\varrho_3}{\varrho_2}} .$$

Wir erhalten also

$$\lim \varrho_1 = \frac{n^2}{n^2 - 1}$$

$$\lim \varrho_3 = 1 - \frac{n}{n^2 - 1}$$

$$\lim (\omega\varrho_2^3) = -\frac{n^3}{(n^2 - 1)^2}$$

$$\lim \frac{dn_2}{dn_1} = 1 + \frac{n+1}{n}\sqrt[3]{\frac{\omega}{n^2 - 1}} .$$

Bemerkenswerth ist, dass das Dispersionsverhältniss sich mit der Kubikwurzel aus dem Unterschiede der Brechungsquotienten der Eins nähert. Ferner wird, da die Krümmung des Kittradius mehr und mehr abnimmt, die Oeffnung des Objektives immer kleiner, bis man schliesslich im Grenzfalle $\omega = 0$ eine Linse mit unendlich kleiner Oeffnung erhält, da nur dann, mathematisch gesprochen, der unendlich kleine Kittradius die *sphärische Korrektur* bewirken kann. Daraus aber, dass der Antheil, den der Kittradius an der Korrektur der *Sinusbedingung* hat, im Grenzfalle $\omega = 0$, wie aus der Gleichung für lim B hervorgeht, *verschwindet*, folgt, dass eine Linse, deren Brechungsquotient gegenüber dem sie umgebenden Medium n ist, und deren Aussenradien $\frac{n^2}{n^2-1}$ und $1 - \frac{n}{n^2-1}$ sind, die Sinusbedingung streng erfüllt, solange wir allerdings von der physikalischen Bedeutung der Sinusbedingung absehen und nur ihre mathematische Formulirung ins Auge fassen; diese so definirte Linse bildet also den Grenzfall unseres zweitheiligen verkitteten Fernrohrobjektives mit der Brennweite Eins, das also die Sinusbedingung erfüllt und dessen Kittradius in bestimmter Weise gegen Null konvergirt, während das Dispersionsverhältniss des Glaspaares, um Achromasie zu liefern, nach der vorher angegebenen Formel sich dem Werthe Eins nähert.

Ich möchte bei dieser Gelegenheit noch auf den Unterschied aufmerksam machen, der in Bezug auf die Korrektion einer Linse einmal für die sphärische Aberration auf der Achse, dann für die Erfüllung der Sinusbedingung, aber auch hier nur in mathematischem Sinne definirt, besteht. Die sphärische Aberration auf der Achse einer Linse mit der Brennweite Eins und dem Vorderradius $1/\varrho_1$ ist, falls die Strahlen parallel der Achse einfallen[1])

$$S_2 = \frac{n+2}{n}\varrho_1^2 - \frac{2n+1}{n-1}\varrho_1 + \left(\frac{n}{n-1}\right)^2.$$

Damit die sphärische Aberration auf der Achse Null wird, muss sein

$$\varrho_1 = \frac{n(2n+1) \pm \sqrt{-4n^3+n^2}}{2(n-1)(n+2)},$$

ein Fall, der auf *unmögliche* Brechungsverhältnisse führt.

Andererseits ist die Bedingung dafür, dass die sphärische Aberration ausserhalb der Achse für die eben definirte Linse verschwindet

$$S_1 = 0 = \varrho_1 \frac{n+1}{n} - \frac{n}{n-1},$$

oder

$$\varrho_1 = \frac{n^2}{n^2-1}.$$

Es lässt sich also bei Linsen jedes Brechungsverhältnisses die Sinusbedingung in ihrer mathematischen Formulirung streng erfüllen, die Form der Linse wird dann identisch mit dem Grenzfalle unseres bisher betrachteten zweitheiligen verkitteten Fernrohrobjektives.

Schliesslich ist noch darauf aufmerksam zu machen, dass der letzte Radius im Grenzfalle unendlich werden kann. Dann muss sein

$$n_0^2 - n_0 = +1, \qquad n_0 = 1{,}6180.$$

Der erste Radius wird dann, immer auf die Brennweite Eins bezogen, 0,6180, während der Kittradius durch die Gleichung gegeben ist

$$\lim_{\omega=0} \omega\varrho_2^3 = -1{,}6180.$$

[1]) Vgl. Czapski, *a. a. O. S. 93.*

Auf die Eigenthümlichkeiten dieser Grenzfälle komme ich noch bei Gelegenheit der Anwendung auf die Praxis im § 5 zurück.

§ 4.

Die Formeln des § 2 habe ich nun zur Anfertigung einer tabellarischen Zusammenstellung der Radien angewandt. Entsprechend der Verwendung von Glaspaaren für Fernrohrobjektive liegen die Brechungsquotienten n_1 und n_2 zwischen 1,50 und 1,66, sodass hiermit alle Möglichkeiten erschöpft sind. Um möglichst sofort praktisch verwerthbare Zahlen zu gewinnen, habe ich die Rechnung nicht für unendlich dünne Linsen, sondern für Linsen durchgeführt, deren Crownglas (Medium mit niedrigerem Brechungsquotienten) die Dicke 0,04 ϱ_1 und deren Flintglas (Medium mit höherem Brechungsquotienten) die Dicke 0,02 ϱ_1 hat. Der Gang der Rechnung, die vierstellig ausgeführt wurde, ist ein sehr einfacher. Ueber den ersten Radius wird eine Annahme gemacht, daraufhin die erste und zweite Fläche, deren Radius bei Crown voraus — 1, bei Flint voraus + 1 angenommen wird, nach den Formeln für einen parachsialen Strahl durchgerechnet, h_2/h_1, h_3/h_1 und schliesslich M gebildet. Hat man ϱ_1 bei konstantem ϱ_2 so lange variirt, bis M Null wird, so ist ϱ_3 zu berechnen und die Rechnung für den parachsialen Strahl zu Ende zu führen. Dann werden $\varphi, Q_3, f_3, \frac{dn_2}{dn_1}$ und zur Kontrole S_1 und S_2, die Null werden müssen, gebildet, und die Radien und Dicken durch proportionale Aenderung auf die Brennweite Eins gebracht. Diese Rechnung wurde zunächst für die Kombinationen in den Brechungsquotienten 1,50, 1,54, 1,58, 1,62, 1,66, dann aber auch für die ausgeführt, bei denen sich Zweifel in der Interpolation ergaben. Die nachstehende Tabelle giebt für 41 Werthepaare mit den Argumenten n_1 (Brechungsquotient des ersten Mediums) und n_2 (Brechungsquotient des zweiten Mediums) die drei Radien r_1, r_2, r_3, die Crownglasdicke d, alles auf die Brennweite Eins bezogen, und das Verhältniss der Dispersionen von Flint und Crown $\frac{dn_{Flint}}{dn_{Crown}}$; die Flintglasdicke ist in allen Fällen der Hälfte der Crownglasdicke gleichzusetzen. Zu beachten ist, dass für $n_1 < n_2$ das Crownglas, für $n_1 > n_2$ das Flintglas vorausgeht.

n_1	n_2	r_1	r_2	r_3	d	$\frac{dn_{Flint}}{dn_{Crown}}$
1,50	1,51	+ 0,5896	— 0,1803	— 2,418	0,024	1,416
1,50	1,54	+ 0,5977	— 0,2873	— 1,763	0,024	1,777
1,50	1,58	+ 0,5998	— 0,3558	— 1,469	0,024	2,113
1,50	1,62	+ 0,5992	— 0,3965	— 1,313	0,024	2,392
1,50	1,66	+ 0,5989	— 0,4256	— 1,211	0,024	2,651
1,51	1,50	+ 0,5034	+ 0,1387	— 8,432	0,020	1,407
1,52	1,50	+ 0,4862	+ 0,1654	— 9,723	0,020	1,548
1,52	1,66	+ 0,6111	— 0,4265	— 1,371	0,024	2,477
1,54	1,50	+ 0,4650	+ 0,1934	— 11,153	0,019	1,752
1,54	1,53	+ 0,5209	+ 0,1425	— 15,783	0,021	1,393
1,54	1,55	+ 0,6126	— 0,1885	— 3,156	0,025	1,396
1,54	1,58	+ 0,6213	— 0,3035	— 2,179	0,025	1,738
1,54	1,62	+ 0,6230	— 0,3772	— 1,775	0,025	2,048
1,54	1,66	+ 0,6234	— 0,4233	— 1,568	0,025	2,312
1,56	1,54	+ 0,5090	+ 0,1706	— 32,63	0,020	1,521

n_1	n_2	r_1	r_2	r_3	d	$\frac{dn_{Flint}}{dn_{Crown}}$
1,58	1,50	+ 0,4396	+ 0,2205	— 12,045	0,018	2,062
1,58	1,54	+ 0,4890	+ 0,2000	— 41,10	0,020	1,712
1,58	1,57	+ 0,5439	+ 0,1468	— 418,4	0,022	1,375
1,58	1,59	+ 0,6337	— 0,1962	— 4,279	0,026	1,378
1,58	1,60	+ 0,6386	— 0,2506	— 3,446	0,026	1,522
1,58	1,62	+ 0,6418	— 0,3182	— 2,757	0,026	1,700
1,58	1,66	+ 0,6446	— 0,3984	— 2,167	0,026	1,994
1,59	1,50	+ 0,4356	+ 0,2251	— 11,647	0,018	2,135
1,60	1,50	+ 0,4320	+ 0,2294	— 11,280	0,017	2,203
1,60	1,58	+ 0,5318	+ 0,1761	+ 35,45	0,021	1,495
1,62	1,50	+ 0,4245	+ 0,2358	— 11,000	0,017	2,330
1,62	1,54	+ 0,4645	+ 0,2292	— 69,33	0,019	2,003
1,62	1,58	+ 0,5106	+ 0,2060	+ 26,46	0,020	1,675
1,62	1,61	+ 0,5635	+ 0,1505	+ 17,40	0,022	1,357
1,62	1,63	+ 0,6533	— 0,2039	— 6,199	0,026	1,363
1,62	1,64	+ 0,6580	— 0,2611	— 4,697	0,026	1,488
1,62	1,66	+ 0,6617	— 0,3329	— 3,564	0,026	1,668
1,64	1,63	+ 0,5726	+ 0,1525	+ 11,760	0,023	1,350
1,64	1,66	+ 0,6683	— 0,2666	— 5,560	0,026	1,478
1,65	1,66	+ 0,6667	— 0,2088	— 8,984	0,026	1,351
1,66	1,50	+ 0,4119	+ 0,2449	— 10,698	0,016	2,568
1,66	1,54	+ 0,4457	+ 0,2434	— 65,54	0,018	2,243
1,66	1,58	+ 0,4854	+ 0,2357	+ 24,77	0,019	1,947
1,66	1,62	+ 0,5305	+ 0,2111	+ 10,83	0,021	1,640
1,66	1,64	+ 0,5613	+ 0,1825	+ 9,352	0,022	1,460
1,66	1,65	+ 0,5825	+ 0,1543	+ 9,260	0,023	1,342

Diese Zahlen dienten mir nun als Unterlage für die Herstellung der folgenden Tafeln. Tafel I giebt den *stets positiven* Radius r_1, Tafel II den Radius r_2, Tafel III das Reziproke des dritten Radius ϱ_3, da eine Interpolation für r_3 bei den grossen Werthen des Radius, die auch das Vorzeichen wechseln, umständlicher wäre. Tafel IV giebt die Crownglasdicke d, aus der sofort die Flintglasdicke $d/2$ folgt, Tafel V das Verhältniss der Dispersionen von Flint und Crown $\frac{dn_{Flint}}{dn_{Crown}}$, welche die Gläser haben müssen, damit das aus Tafel I bis IV mit den Argumenten n_1 und n_2 ermittelte System achromatisch wird. Sämmtliche Zahlen sind gegenüber der Zusammenstellung der direkt errechneten Systeme mit Ausnahme der Werthe in Tafel V um eine Dezimale verkürzt worden; infolge der Ausgleichung der Differenzen in horizontaler, vertikaler und diagonaler Richtung ist die Interpolation vollkommen einwandsfrei, wie auch zahlreiche Stichproben gezeigt haben. Der Eingang für n_1 befindet sich in vertikaler, der für n_2 in horizontaler Richtung, mithin bezieht sich der links von der freigelassenen Diagonale liegende Theil der Tafel auf die Kombination Flint voraus, der rechts liegende auf die Kombination Crown voraus. Ueberall ist als Brennweite die Einheit angenommen. Was die Grenzwerthe betrifft, die ihren Platz in der freigelassenen Diagonale haben, so wird man eine sehr grosse Annäherung in den im vorigen Paragraphen ermittelten Werthen, die sich allerdings auf ein unendlich dünnes System bezogen, haben; immerhin werden sie für eine etwaige Interpolation nach n_1 und n_2 ausreichen.

Tafel I: r_1 (positiv)

n_1 \ n_2	1,50	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66
1,50		0,590	0,594	0,597	0,598	0,598	0,599	0,599	0,599	0,599	0,599	0,599	0,599	0,599	0,599	0,599	0,599
1,51	0,503		0,596	0,600	0,602	0,603	0,604	0,605	0,605	0,606	0,606	0,606	0,606	0,606	0,606	0,606	0,606
1,52	0,486	0,509		0,601	0,605	0,608	0,609	0,610	0,611	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612
1,53	0,474	0,492	0,515		0,607	0,611	0,613	0,615	0,616	0,617	0,617	0,618	0,618	0,618	0,618	0,618	0,618
1,54	0,465	0,480	0,498	0,521		0,613	0,617	0,619	0,621	0,622	0,622	0,623	0,623	0,623	0,623	0,623	0,623
1,55	0,458	0,471	0,486	0,504	0,527		0,618	0,622	0,625	0,626	0,627	0,628	0,628	0,629	0,629	0,629	0,629
1,56	0,451	0,464	0,477	0,492	0,510	0,533		0,623	0,628	0,630	0,631	0,633	0,633	0,634	0,634	0,634	0,634
1,57	0,445	0,458	0,470	0,483	0,498	0,516	0,539		0,629	0,633	0,635	0,637	0,638	0,639	0,639	0,639	0,639
1,58	0,440	0,452	0,464	0,476	0,489	0,504	0,522	0,544		0,634	0,638	0,641	0,642	0,643	0,644	0,644	0,645
1,59	0,436	0,447	0,458	0,470	0,482	0,495	0,510	0,527	0,549		0,639	0,644	0,646	0,647	0,648	0,649	0,650
1,60	0,432	0,442	0,453	0,464	0,476	0,488	0,501	0,515	0,532	0,554		0,644	0,648	0,650	0,652	0,653	0,654
1,61	0,428	0,438	0,448	0,459	0,470	0,482	0,494	0,506	0,520	0,537	0,559		0,649	0,653	0,655	0,657	0,658
1,62	0,424	0,434	0,444	0,454	0,465	0,476	0,487	0,499	0,511	0,525	0,542	0,564		0,653	0,657	0,660	0,662
1,63	0,421	0,430	0,440	0,450	0,460	0,470	0,481	0,492	0,504	0,516	0,530	0,547	0,569		0,658	0,662	0,664
1,64	0,418	0,427	0,436	0,445	0,455	0,465	0,475	0,486	0,497	0,509	0,521	0,535	0,552	0,574		0,662	0,666
1,65	0,415	0,423	0,432	0,441	0,450	0,460	0,470	0,480	0,491	0,502	0,514	0,526	0,540	0,557	0,579		0,667
1,66	0,412	0,420	0,428	0,437	0,446	0,455	0,465	0,475	0,485	0,496	0,507	0,519	0,531	0,545	0,561	0,583	

Tafel II: r_3

n_1 \ n_2	1,50	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66
1,50		— 0,180	— 0,226	— 0,260	— 0,287	— 0,310	— 0,328	— 0,343	— 0,356	— 0,368	— 0,379	— 0,389	— 0,397	— 0,405	— 0,412	— 0,419	— 0,426
1,51	+ 0,139		— 0,182	— 0,230	— 0,264	— 0,291	— 0,314	— 0,332	— 0,347	— 0,361	— 0,374	— 0,385	— 0,395	— 0,403	— 0,411	— 0,419	— 0,426
1,52	+ 0,165	+ 0,140		— 0,184	— 0,233	— 0,268	— 0,296	— 0,318	— 0,336	— 0,352	— 0,367	— 0,380	— 0,392	— 0,401	— 0,410	— 0,418	— 0,426
1,53	+ 0,182	+ 0,167	+ 0,141		— 0,186	— 0,236	— 0,272	— 0,299	— 0,322	— 0,341	— 0,357	— 0,372	— 0,386	— 0,397	— 0,407	— 0,416	— 0,425
1,54	+ 0,193	+ 0,183	+ 0,168	+ 0,142		— 0,188	— 0,239	— 0,276	— 0,303	— 0,326	— 0,345	— 0,362	— 0,377	— 0,391	— 0,404	— 0,414	— 0,423
1,55	+ 0,202	+ 0,195	+ 0,185	+ 0,170	+ 0,144		— 0,190	— 0,242	— 0,280	— 0,307	— 0,330	— 0,349	— 0,366	— 0,382	— 0,398	— 0,410	— 0,420
1,56	+ 0,209	+ 0,204	+ 0,197	+ 0,187	+ 0,171	+ 0,145		— 0,192	— 0,245	— 0,284	— 0,311	— 0,333	— 0,353	— 0,371	— 0,388	— 0,403	— 0,415
1,57	+ 0,216	+ 0,211	+ 0,206	+ 0,199	+ 0,188	+ 0,172	+ 0,146		— 0,194	— 0,248	— 0,288	— 0,314	— 0,337	— 0,358	— 0,376	— 0,393	— 0,408
1,58	+ 0,221	+ 0,218	+ 0,214	+ 0,208	+ 0,200	+ 0,189	+ 0,174	+ 0,147		— 0,196	— 0,251	— 0,291	— 0,318	— 0,341	— 0,362	— 0,381	— 0,398
1,59	+ 0,225	+ 0,223	+ 0,220	+ 0,215	+ 0,209	+ 0,201	+ 0,191	+ 0,175	+ 0,148		— 0,198	— 0,254	— 0,294	— 0,322	— 0,346	— 0,367	— 0,386
1,60	+ 0,229	+ 0,227	+ 0,225	+ 0,222	+ 0,217	+ 0,211	+ 0,203	+ 0,192	+ 0,176	+ 0,149		— 0,200	— 0,256	— 0,297	— 0,326	— 0,351	— 0,372
1,61	+ 0,233	+ 0,232	+ 0,229	+ 0,227	+ 0,224	+ 0,219	+ 0,213	+ 0,205	+ 0,193	+ 0,177	+ 0,150		— 0,202	— 0,259	— 0,300	— 0,329	— 0,355
1,62	+ 0,236	+ 0,235	+ 0,234	+ 0,231	+ 0,229	+ 0,226	+ 0,221	+ 0,214	+ 0,206	+ 0,195	+ 0,178	+ 0,151		— 0,204	— 0,261	— 0,302	— 0,333
1,63	+ 0,239	+ 0,238	+ 0,237	+ 0,236	+ 0,233	+ 0,231	+ 0,227	+ 0,222	+ 0,216	+ 0,207	+ 0,196	+ 0,179	+ 0,152		— 0,206	— 0,264	— 0,304
1,64	+ 0,241	+ 0,240	+ 0,240	+ 0,239	+ 0,237	+ 0,235	+ 0,232	+ 0,229	+ 0,224	+ 0,217	+ 0,209	+ 0,197	+ 0,180	+ 0,153		— 0,207	— 0,267
1,65	+ 0,243	+ 0,242	+ 0,242	+ 0,242	+ 0,241	+ 0,239	+ 0,237	+ 0,234	+ 0,230	+ 0,225	+ 0,219	+ 0,210	+ 0,198	+ 0,181	+ 0,153		— 0,209
1,66	+ 0,245	+ 0,245	+ 0,244	+ 0,244	+ 0,243	+ 0,242	+ 0,241	+ 0,239	+ 0,236	+ 0,232	+ 0,227	+ 0,220	+ 0,211	+ 0,199	+ 0,182	+ 0,154	

Tafel III: ϱ_2

n_1 \ n_2	1,50	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66
1,50		— 0,413	— 0,476	— 0,526	— 0,567	— 0,602	— 0,632	— 0,658	— 0,681	— 0,702	— 0,722	— 0,742	— 0,762	— 0,781	— 0,798	— 0,813	— 0,826
1,51	— 0,119		— 0,384	— 0,449	— 0,498	— 0,537	— 0,571	— 0,600	— 0,625	— 0,647	— 0,668	— 0,689	— 0,709	— 0,728	— 0,746	— 0,762	— 0,776
1,52	— 0,103	— 0,098		— 0,360	— 0,424	— 0,472	— 0,510	— 0,542	— 0,570	— 0,594	— 0,617	— 0,638	— 0,659	— 0,678	— 0,696	— 0,713	— 0,729
1,53	— 0,095	— 0,083	— 0,080		— 0,338	— 0,400	— 0,447	— 0,484	— 0,515	— 0,542	— 0,566	— 0,589	— 0,611	— 0,630	— 0,649	— 0,666	— 0,683
1,54	— 0,090	— 0,076	— 0,065	— 0,063		— 0,317	— 0,377	— 0,423	— 0,459	— 0,489	— 0,516	— 0,540	— 0,563	— 0,583	— 0,602	— 0,620	— 0,638
1,55	— 0,086	— 0,072	— 0,059	— 0,049	— 0,047		— 0,296	— 0,355	— 0,399	— 0,434	— 0,464	— 0,490	— 0,514	— 0,537	— 0,557	— 0,575	— 0,593
1,56	— 0,083	— 0,069	— 0,056	— 0,043	— 0,033	— 0,032		— 0,275	— 0,333	— 0,376	— 0,410	— 0,439	— 0,465	— 0,489	— 0,511	— 0,530	— 0,549
1,57	— 0,081	— 0,066	— 0,053	— 0,040	— 0,027	— 0,018	— 0,017		— 0,254	— 0,311	— 0,353	— 0,386	— 0,415	— 0,440	— 0,464	— 0,486	— 0,505
1,58	— 0,083	— 0,064	— 0,050	— 0,037	— 0,024	— 0,012	— 0,003	— 0,002		— 0,284	— 0,290	— 0,331	— 0,363	— 0,391	— 0,416	— 0,440	— 0,461
1,59	— 0,086	— 0,064	— 0,047	— 0,034	— 0,021	— 0,008	+ 0,003	+ 0,012	+ 0,013		— 0,215	— 0,270	— 0,310	— 0,341	— 0,368	— 0,394	— 0,417
1,60	— 0,089	— 0,066	— 0,047	— 0,031	— 0,018	— 0,005	+ 0,007	+ 0,018	+ 0,027	+ 0,028		— 0,196	— 0,250	— 0,290	— 0,320	— 0,347	— 0,372
1,61	— 0,090	— 0,066	— 0,047	— 0,031	— 0,016	— 0,003	+ 0,010	+ 0,022	+ 0,033	+ 0,042	+ 0,043		— 0,178	— 0,231	— 0,271	— 0,300	— 0,327
1,62	— 0,091	— 0,067	— 0,047	— 0,030	— 0,015	— 0,001	+ 0,012	+ 0,025	+ 0,038	+ 0,048	+ 0,056	+ 0,058		— 0,161	— 0,213	— 0,252	— 0,281
1,63	— 0,092	— 0,067	— 0,047	— 0,030	— 0,015	— 0,001	+ 0,013	+ 0,026	+ 0,039	+ 0,053	+ 0,063	+ 0,070	+ 0,072		— 0,144	— 0,196	— 0,234
1,64	— 0,093	— 0,068	— 0,047	— 0,030	— 0,015	— 0,001	+ 0,013	+ 0,027	+ 0,040	+ 0,053	+ 0,066	+ 0,077	+ 0,083	+ 0,085		— 0,127	— 0,180
1,65	— 0,094	— 0,068	— 0,047	— 0,030	— 0,015	— 0,001	+ 0,013	+ 0,027	+ 0,040	+ 0,053	+ 0,066	+ 0,079	+ 0,090	+ 0,096	+ 0,097		— 0,111
1,66	— 0,094	— 0,068	— 0,047	— 0,030	— 0,015	— 0,001	+ 0,013	+ 0,027	+ 0,040	+ 0,053	+ 0,066	+ 0,079	+ 0,092	+ 0,102	+ 0,107	+ 0,108	

Tafel IV: Crownglasdicke d

n_1 \ n_2	1,50	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66
1,50		0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
1,51	0,020		0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
1,52	0,020	0,020		0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
1,53	0,019	0,020	0,020		0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
1,54	0,019	0,019	0,020	0,021		0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
1,55	0,019	0,019	0,020	0,020	0,021		0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
1,56	0,019	0,019	0,020	0,020	0,020	0,021		0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
1,57	0,018	0,019	0,019	0,019	0,020	0,021	0,021		0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
1,58	0,018	0,018	0,019	0,019	0,020	0,020	0,021	0,022		0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
1,59	0,018	0,018	0,018	0,019	0,019	0,020	0,020	0,021	0,022		0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
1,60	0,017	0,018	0,018	0,019	0,019	0,020	0,020	0,020	0,021	0,022		0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
1,61	0,017	0,017	0,018	0,019	0,019	0,019	0,020	0,020	0,021	0,021	0,022		0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
1,62	0,017	0,017	0,018	0,018	0,019	0,019	0,020	0,020	0,020	0,021	0,021	0,022		0,026	0,026	0,026	0,026
1,63	0,017	0,017	0,018	0,018	0,018	0,019	0,019	0,020	0,020	0,021	0,021	0,022	0,023		0,026	0,026	0,026
1,64	0,017	0,017	0,017	0,018	0,018	0,019	0,019	0,020	0,020	0,020	0,021	0,021	0,022	0,023		0,026	0,026
1,65	0,016	0,017	0,017	0,018	0,018	0,018	0,019	0,019	0,020	0,020	0,020	0,021	0,021	0,022	0,023		0,026
1,66	0,016	0,016	0,017	0,017	0,018	0,018	0,019	0,019	0,019	0,020	0,020	0,021	0,021	0,022	0,022	0,023	

Tafel V: $\frac{dn_{Flint}}{dn_{Crown}}$

n_1 \ n_2	1,50	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66
1,50		1,42	1,55	1,67	1,78	1,87	1,96	2,04	2,11	2,19	2,26	2,32	2,39	2,46	2,52	2,59	2,65
1,51	1,41		1,41	1,55	1,67	1,77	1,86	1,94	2,02	2,10	2,17	2,24	2,31	2,37	2,44	2,50	2,56
1,52	1,55	1,40		1,41	1,55	1,66	1,76	1,85	1,93	2,01	2,08	2,15	2,22	2,29	2,35	2,42	2,48
1,53	1,66	1,54	1,40		1,40	1,54	1,65	1,75	1,83	1,91	1,99	2,06	2,14	2,20	2,27	2,33	2,39
1,54	1,75	1,65	1,53	1,39		1,40	1,54	1,65	1,74	1,82	1,90	1,98	2,05	2,12	2,19	2,25	2,31
1,55	1,83	1,74	1,64	1,53	1,39		1,39	1,53	1,64	1,73	1,81	1,89	1,96	2,03	2,10	2,17	2,23
1,56	1,91	1,82	1,73	1,63	1,52	1,38		1,39	1,53	1,63	1,72	1,80	1,88	1,95	2,02	2,09	2,15
1,57	1,99	1,90	1,81	1,72	1,62	1,51	1,38		1,38	1,53	1,62	1,71	1,79	1,87	1,94	2,01	2,07
1,58	2,06	1,98	1,89	1,80	1,71	1,62	1,51	1,37		1,38	1,52	1,62	1,70	1,78	1,85	1,92	1,99
1,59	2,13	2,05	1,96	1,88	1,79	1,70	1,61	1,50	1,37		1,37	1,51	1,61	1,69	1,77	1,84	1,91
1,60	2,20	2,12	2,03	1,95	1,87	1,78	1,69	1,60	1,49	1,36		1,37	1,51	1,60	1,68	1,76	1,83
1,61	2,27	2,18	2,10	2,02	1,94	1,85	1,77	1,68	1,59	1,49	1,36		1,37	1,50	1,59	1,68	1,75
1,62	2,33	2,25	2,17	2,09	2,00	1,92	1,84	1,76	1,67	1,59	1,48	1,36		1,36	1,49	1,59	1,67
1,63	2,39	2,31	2,23	2,15	2,07	1,99	1,91	1,83	1,75	1,67	1,58	1,48	1,35		1,36	1,49	1,58
1,64	2,45	2,37	2,29	2,21	2,13	2,05	1,98	1,90	1,82	1,74	1,66	1,57	1,47	1,35		1,36	1,48
1,65	2,51	2,43	2,35	2,27	2,19	2,11	2,04	1,96	1,89	1,81	1,73	1,65	1,57	1,47	1,35		1,35
1,66	2,57	2,48	2,40	2,32	2,24	2,17	2,09	2,02	1,95	1,87	1,80	1,72	1,64	1,56	1,46	1,34	

Zur Erläuterung dieser fünf Tafeln mögen folgende Beispiele dienen.

I. Für ein Objektiv, dessen erste Linse aus Flintglas vom Brechungsquotienten $n_2 = 1{,}61$ und dessen zweite Linse aus Crownglas vom Brechungsquotienten $n_1 = 1{,}51$ besteht, finden sich, reduzirt auf eine Brennweite von 100 *mm*, folgende Werthe

$$r_1 = +43{,}8\ mm \qquad d_1 = +0{,}9\ mm$$
$$r_2 = +23{,}2\ mm \qquad d_2 = +1{,}7\ mm$$
$$r_3 = -15200\ mm$$
$$\frac{dn_1}{dn_2} = +2{,}18\,.$$

II. Für ein Objektiv, das als erste Linse ein Crown $n_1 = 1{,}59$, und als zweite Linse ein Flint $n_2 = 1{,}62$ hat, wird bei einer Brennweite von 100 *mm*

$$r_1 = +64{,}6\ mm \qquad d_1 = +2{,}6\ mm$$
$$r_2 = -29{,}4\ mm \qquad d_2 = +1{,}3\ mm$$
$$r_3 = -323\ mm$$
$$\frac{dn_2}{dn_1} = +1{,}61\,.$$

Beide Objektive, welche die angegebenen Radien, Dicken und Dispersionsverhältnisse haben, besitzen eine Brennweite von 100 *mm*, sind achromatisch für die *C*- und *F*-Linie, frei von sphärischer Aberration auf der Achse und erfüllen die Sinusbedingung.

§ 5.

Die fünf Tafeln geben nun mannigfaltigen Stoff zu praktischen Anwendungen. Bevor ich auf letztere eingehe, bemerke ich noch, dass der erste Radius immer *positiv* ist, mithin ist es *unmöglich*, ein System *Crown voraus mit drei negativen Radien*, wie es als *Aplanathälfte* in der Praxis Verwerthung findet, den im ersten Paragraphen dieser Untersuchung aufgestellten Bedingungen anzupassen.

Im Anschluss an die Tafel V ist nun die Frage zu beantworten: *Welche thatsächlich vorhandenen Glaspaare genügen wirklich der Bedingung, dass ihre Dispersionen zwischen C und F in einem bestimmten, durch die Tafel V festgelegten Verhältniss stehen?* Bei der Diskussion dieser Frage will ich von dem Schott'schen Glasverzeichniss ausgehen, das bis auf unwichtige Ausnahmefälle wohl die Gesammtheit der gegenwärtig in der praktischen Optik zur Anwendung kommenden Gläser umfasst.

Da das Medium mit höherem Brechungsquotienten in der Regel ein Blei-Silikat-Flint ist, soll die Reihe dieser Gläser zunächst untersucht werden. Zwischen den Grenzen im Brechungsquotienten 1,60 und 1,96 bilden diese Gläser nämlich eine stetige Reihe, wie sie auch durch die Einförmigkeit der chemischen Zusammensetzung bedingt ist, und da somit ein numerischer Zusammenhang zwischen Brechungsquotient und Dispersion ermittelt werden kann, ist es möglich, für jedes Blei-Silikat-Flintglas, das infolge seiner Dispersion im Sinne der Tafel V des vorigen Paragraphen hinzupassende Crownglas tabellarisch anzugeben. Für unsern Zweck ist es ausreichend, die Blei-Silikat-Flintgläser zwischen 1,60 und 1,72 zu betrachten, da für grössere Brechungsquotienten der Zusammenhang zwischen Brechungsquotient und Dispersion sich nicht mehr in ein einfaches mathematisches Gewand kleiden lässt. In der folgenden Zusammenstellung enthält die erste Kolumne die Fabrikationsnummer des Schott'schen Glaskataloges, die zweite den Brechungsquotienten für die *D*-Linie, die dritte die Dispersion $dn = n_F - n_C$ in Einheiten der fünften Dezimale, die vierte die aus einer linearen Form berechnete Dispersion, die fünfte die Differenz der gegebenen und berechneten *dn*.

Nr.	n_D	Beob. dn	Ber. dn	B.-R.
O. 318	1,6031	1575	1579	− 4
O. 118	1,6129	1660	1653	+ 7
O. 167	1,6169	1691	1683	+ 8
O. 93	1,6202	1709	1708	+ 1
O. 266	1,6287	1775	1771	+ 4
O. 335	1,6372	1831	1836	− 5
O. 102	1,6489	1919	1924	− 5
O. 192	1,6734	2104	2108	− 4
O. 41	1,7174	2434	2439	− 5

Hierin ist der vierten Kolumne die Gleichung

$$dn = + 1556 + 7525\,(n - 1{,}600)$$

zu Grunde gelegt, die, wie die übrigbleibenden Fehler deutlich zeigen, nur einen kleinen Gang übriglässt. Bringt man dementsprechend noch eine kleine Korrektion an der Gleichung an, so ergeben sich folgende Werthe von Dispersionen:

n	dn
1,60	+ 0,01553
1,61	1634
1,62	1711
1,63	1783
1,64	1855
1,65	1928
1,66	2003

Dividirt man diese Werthe durch die in der Tafel V für $\frac{dn_{Flint}}{dn_{Crown}}$ angegebenen, so erhält man die Dispersion, die ein Crownglas von bestimmtem Brechungsquotienten haben muss, um mit dem zugehörigen Blei-Silikat-Flintglase eine achromatische Linse zu geben, die den Voraussetzungen des § 1 genügt. Diese Zahlen in Einheiten der vierten Dezimale der Brechungsquotienten sind nach demselben Prinzip wie in den vorigen Tafeln in der folgenden Tafel VI zusammengestellt.

Soll zum Beispiel ein Objektiv (Flint voraus) aus einem Blei-Silikat-Flintglase mit dem Brechungsquotienten $n_1 = 1{,}64$ und einem Crown $n_2 = 1{,}52$ zusammengesetzt werden, so muss nach Tafel VI die Dispersion $n_F - n_C$ des Crownglases 0,0081 betragen, damit das System achromatisch wird.

Vergleicht man die Zahlen der Tafel VI unter sich, so findet man zwischen den entsprechenden der Kombinationen Crown voraus und Flint voraus keinen wesentlichen Unterschied. Ferner ergiebt eine genaue Vergleichung mit dem Schott'schen Glaskataloge, dass *die alten Silikat-Crowngläser mit den gewöhnlichen Blei-Silikat-Flintgläsern sich in dem bisher besprochenen Sinne nicht kombiniren lassen.* Dagegen findet man für die folgenden vier *neuen* Gläser hinzupassende Blei-Silikat-Flintgläser:

1. O. 225 Leichtes Phosphat-Crown $n = 1{,}5159$; $dn = 0{,}00737$ und ein Blei-Silikat-Flint $n = 1{,}595$ bis 1,600. (Diese Kombination kann wegen der Empfindlichkeit des Phosphatglases nur ausnahmsweise Anwendung finden.)
2. O. 802 Borosilikat-Crown $n = 1{,}4967$; $dn = 0{,}00765$ und ein Blei-Silikat-Flint $n = 1{,}655$.
3. O. 144 Borosilikat-Crown $n = 1{,}5100$; $dn = 0{,}00797$ und ein Blei-Silikat-Flint $n = 1{,}655$ (etwas stärker brechend als O. 102).

4. O. 211 Schweres Barium-Silikat-Crown $n = 1{,}5726$; $dn = 0{,}00995$ und *sämmtliche Blei-Silikat-Flintgläser von 1,60 bis 1,66.*

Tafel VI: dn_{Crown} (Blei-Silikat-Flint zwischen 1,60 und 1,66).

n_1 \ n_2	1,50	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66
1,50											69	70	71	73	74	75	76
1,51											72	73	74	75	76	77	78
1,52											75	76	77	78	79	80	81
1,53											78	79	80	81	82	83	84
1,54											82	83	83	84	85	86	87
1,55											86	87	87	88	88	89	90
1,56											90	91	91	92	92	92	93
1,57											96	96	96	96	96	96	97
1,58											102	101	101	100	100	100	101
1,59											111	108	106	105	105	104	105
1,60	70	73	76	80	83	87	92	97	104	114		119	114	111	110	109	109
1,61	72	75	78	81	84	88	92	97	103	110	120		125	119	116	115	114
1,62	73	76	79	82	85	89	93	97	102	108	115	126		131	125	122	120
1,63	75	77	80	83	86	90	93	97	102	107	113	121	132		135	129	127
1,64	76	78	81	84	87	90	94	98	102	107	112	118	126	137		142	135
1,65	77	79	82	85	88	91	95	98	102	107	112	117	123	132	143		148
1,66	78	81	83	86	89	92	96	99	103	107	111	116	122	129	137	149	

In ganz entsprechender Weise wie für die Blei-Silikat-Flintgläser habe ich die Dispersionen der zu O. 748, einem *Barytflint* $n = 1{,}6235$, $dn = 0{,}01599$, passenden Crowngläser bestimmt; die folgende Tabelle enthält den Werth von dn für ein Crown mit dem Brechungsquotienten n je nach der Reihenfolge der Gläser.

n	dn Crown voraus	dn Flint voraus
1,50	0,0066	0,0068
51	69	70
52	71	73
53	74	76
54	77	79
55	80	82
56	84	86
57	88	90
58	93	94
59	98	99
60	104	105

Ein sehr gut hierzu passendes Glas ist das Schott'sche schwere Barium-Silikat-Crown $n = 1{,}5899$, $dn = 0{,}0097$, das mit O. 748 kombinirt, ein Objektiv mit infolge der

hohen Brechungsquotienten schwachen Aussenkrümmungen und deshalb kleineren Aberrationen giebt. Ein derartiges Objektiv würde bei 100 *mm* Brennweite folgende Dimensionen in *mm* haben

Crown voraus: $r_1 = +64{,}6$, $r_2 = -30{,}2$, $r_3 = -310$; $d_1 = +2{,}4$, $d_2 = +1{,}2$

Flint voraus: $r_1 = +52{,}2$, $r_2 = +19{,}9$, $r_3 = +2000$; $d_1 = +1{,}1$, $d_2 = +2{,}1$.

Für dieses Glaspaar eignet sich die Folge Crown voraus besser, während man bei den Kombinationen 2) bis 4) mit einem Blei-Silikat-Flint besser das Flintglas vorangehen lässt.

Obschon in seltenen Fällen anwendbar, soll noch der *Quarz* $n_D = 1{,}5444$ (ordinärer Strahl), $dn = 0{,}00778$, $\nu = 70{,}0$, an Stelle eines Crownglases eingeführt werden; die zu ihm passenden Flintgläser müssen gemäss Tafel V folgende Dispersionen haben:

n	dn Crown voraus	dn Flint voraus
1,56	0,0115	0,0114
57	124	122
58	132	130
59	139	136
60	145	142
61	151	148
62	156	153
63	162	159
64	167	168

Für Quarz voraus eignet sich O. 748, Barytflint $n = 1{,}6235$, $dn = 0{,}01599$, $\nu = 39{,}1$, sodass wir für diese Kombination eine ν-Differenz von 31 haben, für Flint voraus O. 230, Silikatflint mit relativ hohem Index $n = 1{,}6014$, $dn = 0{,}01415$, für beide Fälle die Borosilikat-Flinte O. 164 $n = 1{,}5503$, $dn = 0{,}01114$, $\nu = 49{,}4$ und O. 161 $n = 1{,}5676$, $dn = 0{,}01216$, $\nu = 46{,}7$. Die gewöhnlichen Blei-Silikat-Flintgläser passen nicht in die Reihe für Quarz hinein, da hierfür ihre Dispersion zu gross ist.

Wie die Tafel III für ϱ_3 zeigt, sind die letzten Radien für die Kombination Flint voraus bedeutend flacher als für Crown voraus; für Crown $n_2 = 1{,}55$ bis 1,56 ungefähr erhält man in ersterem Falle fast plane Flächen. Von den angeführten Systemen, die auch der Bedingung der Achromasie genügen, hat in erster Linie die Kombination O. 230 und Quarz, dann auch die ganze Reihe der Blei-Silikat-Flintgläser mit dem schweren Barium-Silikat-Crown O. 211 und in zweiter Reihe mit dem schwersten Barium-Silikat-Crown $n = 1{,}5899$, $dn = 0{,}0097$ eine nur sehr schwach gekrümmte letzte Fläche.

Um die bisher in diesem Paragraphen gewonnenen Resultate weiter zu veranschaulichen, will ich noch die Frage diskutiren: wie gross ist der Koëffizient in dem Ausdruck für die sphärische Aberration in zur Achse schwach geneigten Büscheln, wenn das Fernrohrobjektiv, welches eine bestimmte Brennweite hat, achromatisch und frei von sphärischer Aberration auf der Achse ist, einmal aus alten Gläsern, Crown etwa 1,51, Flint 1,62, dann aus neuen Glasarten, wie sie der Schott'sche Glaskatalog aufweist, zusammengesetzt ist? Die Grösse dieses Koëffizienten ist dann ein Maassstab für den Grad der Erfüllung der Sinusbedingung. Die mathematische Entwick-

lung der darauf bezüglichen Formeln findet sich in Czapski's Theorie der optischen Instrumente nach Abbe, *S. 114 bis 118*; zur Erklärung der für unsern Fall zur Verwendung kommenden Gleichung will ich nur kurz Einiges bemerken.

Wenn auf die Vorderfläche eines optischen Systems, bei dem die sphärische Aberration auf der Achse für einen Achsenpunkt, in unserm Falle für den hinteren Brennpunkt, aufgehoben ist, ein unter einem kleinen Winkel w gegen die Achse geneigtes Büschel auffällt, so tritt sofort ein grosser Unterschied in dem Verhalten der beiden Strahlengruppen, die einerseits in dem meridionalen, andrerseits in dem äquatorealen Hauptschnitt liegen, zu Tage. Letztere zeigen die gleiche Symmetrie zum Hauptstrahl, wie das achsenparallele Büschel, während die im ersten Hauptschnitt verlaufenden Strahlen infolge der Begrenzung der Oeffnung des Linsensystems unsymmetrisch in Bezug auf den Hauptstrahl geworden sind. Die Aberrationen höherer Ordnung haben infolge dessen auf die *meridionalen* Strahlen nach den beiden Seiten des Hauptstrahles verschiedenen Einfluss, und der Effekt dieser Asymmetrie ist der, dass das durch die meridionalen Strahlen hervorgerufene Bild eines seitlichen Punktes nicht wieder ein Punkt, sondern das Stück einer Kurve, das sogenannte Koma, ist. Sieht man, um auf möglichst einfache Verhältnisse zu kommen, die Stelle und Grösse der engsten Einschnürung der aus dem System ausgetretenen meridionalen Strahlen als Ort und Grösse des dem seitlichen Objektpunkt zugeordneten Bildes an, so muss die Grösse dieses Bildes ein Maassstab für die vorhandene sphärische Abweichung ausserhalb der Achse sein. Der Einfluss aber, den dieser Zerstreuungskreis auf die Deutlichkeit des Bildes ausübt, ergiebt sich sofort, wenn man *die Grösse im Objekt* bestimmt, *deren Bild gleich diesem durch das Koma hervorgerufenen Zerstreuungskreis wäre, falls die Abbildung überhaupt aplanatisch erfolgte.* Man erhält also Aufschluss darüber, inwieweit das Koma das Erkennen des Detail im Objekte hindert. In unserem Falle haben wir es mit unendlich weit entfernten Objekten zu thun, und es ist deshalb geboten, die Bildverschlechterung nicht mehr in linearem Maass, sondern als *Winkelgrösse,* wie sie vom Scheitel des Objektives aus erscheint, auszudrücken. Auf Grund dieser Betrachtung erhält man schliesslich unter der Annahme, dass die Hauptstrahlen durch den Scheitel des Objektives gehen, in einem System mit kleinen Dicken für die durch das Koma im Objekt hervorgebrachte Bildverschlechterung, ausgedrückt in Winkelwerth und bezogen auf die Brennweite Eins

$$\sum \Delta(\lambda_0) = -\frac{3}{2} w h^2 S_1 ;$$

hierin ist wie früher

$$S_1 = \sum_1^3 \left(\frac{h_k}{h_1}\right)^2 Q_k f_k ;$$

w ist der Winkel, den der Hauptstrahl des zur Achse geneigt einfallenden Büschels, also in unserm Falle das ganze Büschel, mit der Achse bildet, h die halbe Oeffnung des Objektives; die durch das Koma erzeugte Bildverschlechterung ist, wie bekannt, proportional erstens dem Winkel des Hauptstrahles mit der Achse, zweitens dem Quadrat des Oeffnungsverhältnisses der Linsenkombination.

Die Ermittelung von $\Sigma\Delta(\lambda_0)$ geschah wie bei meinen bisherigen Betrachtungen im Anschluss an die Durchrechnung eines parachsialen Strahles, nachdem das Objektiv für jedes einzelne Glaspaar auf die Brennweite Eins gebracht, achromatisch für C und F und frei von sphärischer Aberration auf der Achse gemacht worden war; die Linsendicken sind bei dieser Vergleichung vernachlässigt worden.

I. Crown voraus. Crown $n_1 = 1{,}5166$ $dn_1 = 0{,}00849$
Flint $n_2 = 1{,}6169$ $dn_2 = 0{,}01691$
$r_1 = +0{,}4117$ $\Sigma\,\Delta(\lambda_0) = -2{,}25\,w\,h^2$
$r_2 = -0{,}4155$
$r_3 = +47{,}62$ $\varrho_1 - \varrho_3 = +2{,}41$.

II. Flint voraus. a) Gewöhnliches Blei-Silikat-Flint O. 167 $n_1 = 1{,}6169$ $dn_1 = 0{,}01691$
Borosilikat-Crown O. 144 $n_2 = 1{,}5100$ $dn_2 = 0{,}00797$
$r_1 = +0{,}3584$ $\Sigma\,\Delta(\lambda_0) = -1{,}04\,w\,h^2$
$r_2 = +0{,}2024$
$r_3 = +2{,}639$ $\varrho_1 - \varrho_3 = +2{,}41$;

b) Schweres Blei-Silikat-Flint O. 102 $n_1 = 1{,}6489$ $dn_1 = 0{,}01919$
Borosilikat-Crown O. 144 $n_2 = 1{,}5100$ $dn_2 = 0{,}00797$
$r_1 = +0{,}4234$ $\Sigma\,\Delta(\lambda_0) = +0{,}02\,w\,h^2$
$r_2 = +0{,}2446$
$r_3 = -14{,}71$ $\varrho_1 - \varrho_3 = +2{,}43$.

III. a) Flint voraus. Gewöhnliches Blei-Silikat-Flint O. 118 $n_1 = 1{,}6129$ $dn_1 = 0{,}01660$
Schweres Barium-Silikat-Crown O. 211 $n_2 = 1{,}5726$ $dn_2 = 0{,}00995$
$r_1 = +0{,}4730$ $\Sigma\,\Delta(\lambda_0) = -0{,}30\,w\,h^2$
$r_2 = +0{,}1986$
$r_3 = +6{,}169$ $\varrho_1 - \varrho_3 = +1{,}95$;

b) Crown voraus. Schwerstes Barium-Silikat-Crown $n_1 = 1{,}5899$ $dn_1 = 0{,}00970$
Barytflint $n_2 = 1{,}6229$ $dn_2 = 0{,}01581$
$r_1 = +0{,}6473$ $\Sigma\,\Delta(\lambda_0) = +0{,}03\,w\,h^2$
$r_2 = -0{,}3059$
$r_3 = -3{,}175$ $\varrho_1 - \varrho_3 = +1{,}86$.

Hierzu ist Folgendes zu bemerken. Objektiv I stellt einen bisher sehr gebräuchlichen Typus dar; da die letzte Fläche fast plan ist und die Dispersionen sich ungefähr wie 1 : 2 verhalten, kann man in der Praxis die Crownlinse gleichschenklig machen, was einen nicht zu unterschätzenden Vortheil in der Herstellung bedeutet. Durch Einführung eines neuen Jenaer Crown O. 144 (Objektiv IIa) wird der Koëffizient der sphärischen Aberration ausserhalb der Achse infolge der im Verhältniss zum Brechungsquotienten kleineren Dispersion des Crown beträchtlich vermindert, um schliesslich ganz durch Einführung des schweren Flint O. 102 (Objektiv IIb) zu verschwinden; bei allen drei Objektiven bleibt das durch die Differenz $\varrho_1 - \varrho_3$ definirte äussere Krümmungsmaass das gleiche, ungefähr 2,4. Dieses erleidet aber eine wesentliche Reduktion, sowie man die neuen Jenaer Barium-Silikat-Crowngläser einführt (Objektive IIIa und IIIb); auch diese lassen in geeigneter Kombination mit Flintgläsern den Koma-Koëffizienten vollständig verschwinden, und in Rücksicht auf Beides, Verminderung des äusseren Krümmungsmaasses bis auf etwa 1,86 und thunlichste Erfüllung der Sinusbedingung, ist das Vortheilhafteste in einer Zusammenstellung aus schwerstem Barium-Silikat-Crown und Baryt-Flint (Objektiv IIIb) erreicht.

Ueberhaupt verdienen alle diejenigen Kombinationen, in denen ein Crown von hohem Brechungsquotienten, 1,57 bis 1,60, mit einem Flint verbunden ist, dessen Quotient nur wenig höher als der des Crown ist, ein besonderes Interesse deshalb, weil bei diesen Kombinationen das äussere Krümmungsmaass des verkitteten Systems $\varrho_1 - \varrho_3$ bedeutend geringer wird als bei Kombinationen mit niedrigem Brechungsquotienten des Crown und relativ grossem Ueberschuss im Quotienten des Flint, wie sie bis vor einem Jahrzehnt etwa allein für achromatische Systeme zur Verfügung standen. Dem verminderten äusseren Krümmungsmaass entspricht nämlich, wenn im

Uebrigen der Typus des Systems gegeben ist, ein verminderter Betrag der *positiven* sphärischen Aberration, die durch die negative Aberration der Innenfläche zu kompensiren ist, dabei auch ein verminderter Betrag des Aberrationsrestes, der infolge des disproportionalen Ganges der beiden kompensatorisch wirkenden Aberrationen für je ein bestimmtes Oeffnungsverhältniss übrigbleibt. Demnach gestattet ein Glaspaar, welches auf ein geringeres äusseres Krümmungsmaass führt, unter sonst gleichen Umständen die Anwendung eines *grösseren Oeffnungsverhältnisses*, ohne dass der unkorrigirbare Aberrationsrest, die Wirkung der sogenannten *Zonen*, einen bestimmten, den Umständen nach noch zulässigen Betrag überschreitet. Dieser Vortheil kommt praktisch um so vollkommener zur Geltung, je mehr die sphärische Aberration ausserhalb der Achse durch strenge Erfüllung der Sinusbedingung in viel engeren Grenzen gehalten wird, als es mit Glaspaaren möglich ist, die nicht gestatten, neben der chromatischen und sphärischen achsialen Korrektion auch noch die Sinusbedingung mit zu erfüllen.

Je kleiner die Differenz zwischen den Brechungsquotienten des Glaspaares ist, um so mehr nähern sich die Werthe der Radien und des für die Achromasie erforderlichen Dispersionsverhältnisses den Grenzwerthen, wie ich sie im § 3 abgeleitet habe. Indessen zeigt schon ein Blick in die Tafeln des § 4, dass die Grenzform des Objektives im Wesentlichen bereits bei einer Differenz der Brechungsquotienten von 0,01 erreicht ist. Nach den vorangehenden Erörterungen bieten aber gerade Kombinationen derartiger Gläser bei hoher Lage des Brechungsquotienten besonders günstige Aussichten für die Wegschaffung der Zonen, wofern nicht die allzu kleine Differenz der Brechungsquotienten auf einen sehr stark gekrümmten Innenradius führt, der die praktische Ausführung erschwert und schliesslich auf das Oeffnungsverhältniss ungünstig einwirkt. Für kleine Brechungsdifferenzen können sogar die in § 3 abgeleiteten Formeln für die Grenzwerthe dazu dienen, die Radien und das erforderliche Dispersionsverhältniss zu berechnen, wie das folgende Beispiel zeigt. Ein Silikatflint $n_1 = 1{,}6180$, $dn_1 = +0{,}01696$ wird mit einem Crown $n_2 = 1{,}6127$ verbunden, die Differenz im Brechungsquotienten ω beträgt mithin $-0{,}0053$. Setzt man in den Formeln des § 3 $n = 1{,}618$, so erhält man auf 100 *mm* Brennweite bezogen

$$r_1 = +61{,}8 \qquad \frac{dn_1}{dn_2} = +1{,}24$$
$$r_2 = +14{,}9$$
$$r_3 = \infty .$$

Unter der Annahme einer Flintglasdicke von 2 und einer Crownglasdicke von 4 *mm* erhält man für verschiedene Einfallshöhen folgende letzte Schnittweiten in Millimeter und Logarithmen des Sinusverhältnisses:

h	Schnittw.	Log. Sinusverh.
0	99,88	1,0155
7	99,79	1,0152
10	99,84	1,0156

Trotz des grossen Oeffnungsverhältnisses 1 : 5 sind die Zonen in Schnittweite und Sinusverhältniss verhältnissmässig gering, und die Korrektion trotz der Anwendung von nur genäherten Formeln eine sehr gute. Da ein Crownglas mit passender Dispersion nicht vorhanden ist, habe ich dafür eine hyperchromatische Linse eingeführt, die aus einem schweren Barium-Silikat-Crown und einem gewöhnlichen Blei-Silikat-Flint besteht und in ihrer Gesammtwirkung bei passender Wahl ihres Kittradius die erforderliche Dispersion 0,01368 zwischen C und F besitzt. Wie ferner dieses Beispiel zeigt, ist die Krümmung der verkitteten Fläche zwar eine sehr starke,

gestattet aber immer noch eine bequeme Ausführung, sodass man in diesem Falle den im § 3 diskutirten Grenzwerthen selbst bei grossen Oeffnungsverhältnissen des Objektives schon ausserordentlich nahe kommt. In Zusammenhang mit der Kleinheit der Zonen steht, wie oben auseinandergesetzt ist, das bedeutend verminderte Krümmungsmaass, welches bei den Kombinationen von Crowngläsern von etwa 1,51 mit Flintgläsern von etwa 1,61 im Brechungsquotienten ungefähr 2,4, bei den Kombinationen von schwerem und schwerstem Barium-Silikat-Crown ungefähr 1,9 und in dem hier betrachteten Grenzfalle etwa 1,6 beträgt.

Das Ergebniss meiner ganzen Untersuchung lässt sich also dahin zusammenfassen:

I. Mit den älteren Crown- und Flintglasarten, wie sie bis zum Jahre 1884 der Optik zur Verfügung standen, sind *verkittete Fernrohrobjektive* aus nur zwei Einzellinsen nicht so zu konstruiren, dass neben der Achromasie und der Korrektion der sphärischen Aberration auf der Achse auch noch die Sinusbedingung streng erfüllt wäre. Bei allen Glaspaaren, die sich aus diesen älteren Crown- und Flintgläsern bilden lassen, ist die Dispersion des Crown zu hoch, die des Flint zu niedrig *im Verhältniss zum Brechungsquotienten.* Die aus ihnen darstellbaren verkitteten Fernrohrobjektive lassen daher, wenn die sphärische Aberration auf der Achse gehoben ist, in den zur Achse geneigten Strahlenbündeln mehr oder weniger grosse Aberrationen, Koma für Bildpunkte ausser der Achse, übrig. Indessen sind auch im Spielraum der seitens der älteren Glasschmelzkunst gebotenen Glasarten Kombinationen möglich gewesen und thatsächlich benutzt worden, bei welchen der theoretisch unkorrigirbare Aberrationsrest ausser der Achse praktisch keine Bedeutung mehr hat. Dieses trifft zu für die älteren Kombinationen aus leichtem Crown mit den schwereren Arten von Flintgläsern. Denn wenn der Koëffizient von $w h^2$, wie im Beispiel I, auf einen Betrag von ungefähr 2 vermindert ist, so ist der diesem Rest entsprechende Zerstreuungskreis bei den in Anwendung kommenden Oeffnungsverhältnissen und Bildwinkeln schon so klein, dass er neben den andern unvermeidlichen Aberrationen der Objektive und den hinzukommenden Aberrationen der Okulare ausser der Achse nicht mehr wahrgenommen wird.

II. Die neuen, durch das Jenaer Glaswerk dargestellten Glasarten gestatten dagegen eine vollkommene oder annähernd vollkommene Lösung der bezeichneten Aufgabe auf zwei Wegen, nämlich *erstens* durch Verbindung eines Borosilikat-Crown von niedrigem Brechungsquotienten 1,50 bis 1,51 und kleinerer Dispersion als die der älteren Crowngläser mit einem Blei-Silikat-Flint von relativ hohem Brechungsquotienten 1,64 bis 1,65, *zweitens* durch Verbindung eines Barium-Silikat-Crown von hohem Brechungsquotienten 1,57 bis 1,59 mit Flintgläsern, deren Brechungsquotient nur wenig (nicht einmal eine Einheit der zweiten Dezimale) höher zu sein braucht als der des Crownglases. Durch Benutzung dieses zweiten Weges gelangt man aber auch gleichzeitig zu Objektiven, denen man infolge der durch das bedeutend reduzirte äussere Krümmungsmaass verminderten Zonen der sphärischen Aberration auf der Achse ein wesentlich grösseres Oeffnungsverhältniss als den aus Crown und Flint von erheblich verschiedenem Brechungsquotienten zusammengesetzten ertheilen kann.

Die Erweiterung des Gebietes der optischen Gläser in Hinsicht auf die Abstufung des Brechungsquotienten und Dispersion, die den einen Programmpunkt für die Arbeiten des Jenaer Glaswerkes bildete, hat demnach auch für das hier betrachtete spezielle Problem der Fernrohroptik einen erheblichen Fortschritt ermöglicht.

Ueber ein Vergleichsspektroskop für Laboratoriumszwecke.

Von
Dr. C. Pulfrich in Jena.

Die Anregung zu der vorliegenden Konstruktion gab Hr. Prof. H. Quincke in Kiel in einem vor einigen Jahren an die Firma C. Zeiss gerichteten Schreiben, in welchem er um die Anfertigung eines Spektroskops ersuchte, welches nach Art des bekannten, schon seit längerer Zeit von der Firma hergestellten Mikrospektralokulars nach Abbe, mit einer Wellenlängenskale und ausserdem mit einem Vergleichsprisma zu versehen und so über einem Präparirstativ oder dergleichen zu befestigen sei, dass man durch die auf den Tisch gestellten Absorptionsgefässe (Bechergläser u. s. w.) in vertikaler Richtung hindurchsehen könne. Ausserdem sollte das Spektroskop auch in horizontaler Lage gebraucht werden können.

Ueber das für Hrn. Quincke hergestellte und im Folgenden näher beschriebene Instrument hat Hr. Quincke selbst in dem vorigen Jahrgang der *Münchener Medizinischen Wochenschrift* kurz berichtet. Eine ausführlichere Beschreibung des seither in mehreren Exemplaren in den praktischen Gebrauch übergegangenen Apparates hat Hr. Prof. F. G. Kohl in Marburg in dem *Botanischen Centralblatt* **73**. *Nr. 10. 1898* gegeben.

Die Anwendung des Spektroskops dürfte überall da von Vortheil sein, wo es auf einen *bequemen und sicheren Vergleich der Absorptionsspektren von Flüssigkeiten, Strahlenfiltern, Farbgläsern u. s. w. ankommt.*

Die Gesammtanordnung des Apparates entspricht, wie Fig. 1 zeigt, durchaus den obigen Anforderungen.

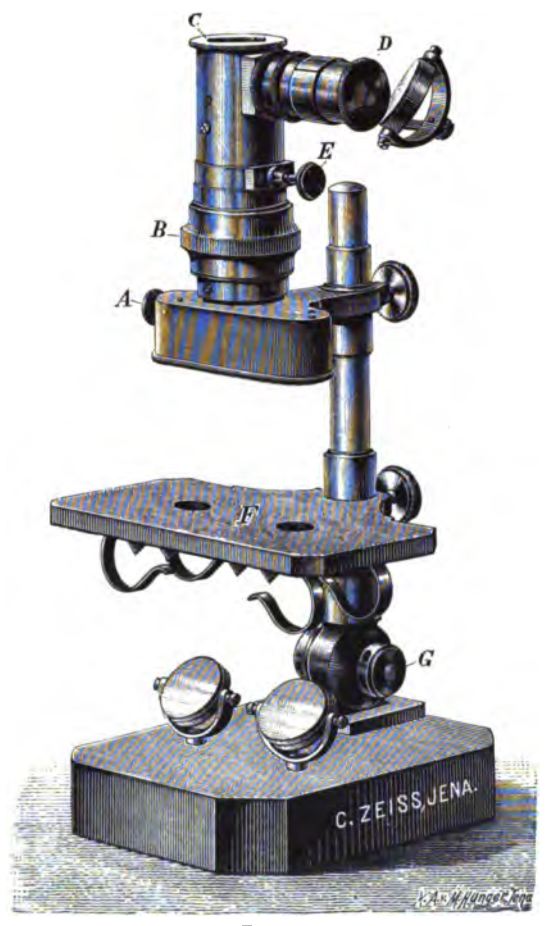


Fig. 1.
1/2 nat. Grösse.

Das Spektroskop ist an einer von einem kräftigen Fuss getragenen Säule in vertikaler Lage so befestigt, dass man in dasselbe wie in ein Mikroskop hineinsehen kann, und ist in der Höhe verstellbar und festklemmbar. Die zu vergleichenden Objekte kommen nebeneinander auf den horizontalen Tisch *F* und über die von unten durch die beiden Spiegel beleuchteten Oeffnungen zu liegen.

Man beobachtet durch die spaltförmige Oeffnung *C*, stellt durch Drehen an *B* die Okularlinse (*O* in Fig. 2) auf grösste Deutlichkeit der Spektrallinien ein und regulirt mittels *A* die Spaltbreite und mittels *E* die Lage des Spektrums zur Wellenlängenskale *D* ($\lambda_D = 0{,}589\,\mu$).

Die Ueberleitung der beiden Strahlenbündel auf den Spektroskopspalt erfolgt, wie Fig. 2 zeigt, durch die beiden Reflexionsprismen R_1 und R_2. *Der Strahlengang im Spektroskop ist somit für beide Spektren vollkommen gleichartig.*

Die beiden Prismen sind mit zwei Linsen L_1 und L_2 ausgerüstet, deren Brennweite, im Glase gemessen, gleich ist dem Abstande der Linse von dem Spalt *S*. Hierdurch wird erreicht, dass in das Auge des Beobachters nur solche Strahlen gelangen, welche das von planparallelen Flächen begrenzte Objekt als in sich parallel gerichtete Strahlenbündel senkrecht durchdrungen haben.

Um auch Flüssigkeiten in offenen Glasküvetten oder in Reagensgläsern untersuchen zu können, ist das Stativ zum Umlegen (um *G*) eingerichtet. Die Befestigung der Gefässe erfolgt hierbei durch die unter dem Tisch angebrachten Federn.

Die Untersuchung von Flüssigkeiten im Reagensglase sollte, wegen des nachtheiligen Einflusses, welchen das Reagensglas auf den Strahlengang ausübt, ganz unterbleiben

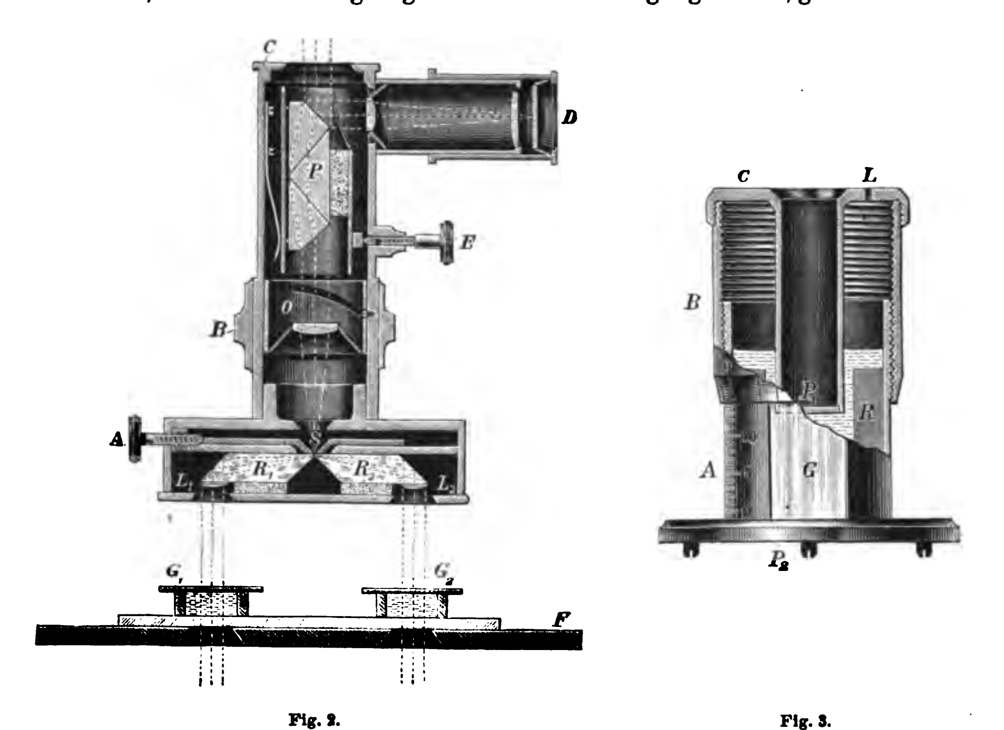


Fig. 2. Fig. 3.

Für die Beobachtung mit dem gewöhnlichen Handspektroskop hat die Benutzung von Reagensgläsern aus praktischen Gründen vieles für sich. Im vorliegenden Falle ist es aber jedenfalls richtiger und nicht weniger praktisch, wenn man die zu untersuchende Flüssigkeit in ein gewöhnliches Becherglas giesst und durch die freie Oberfläche oder durch eine auf das Gefäss gelegte Glasplatte hindurchsieht.

Dem Spektroskop werden *Flüssigkeitsgefässe* beigegeben, welche durch Aufkitten von Glasröhren auf ebene Glasplatten hergestellt sind und nach erfolgter Füllung durch eine Deckglasplatte geschlossen werden. Die Gefässe werden einzeln oder zu zweien auf einer Glasplatte vereinigt (siehe G_1 und G_2 in Fig. 2) abgegeben. Die wirksame Schicht (Höhe der Gefässe) beträgt 1, 5, 10 und 20 *mm*.

In Fig. 3 endlich ist ein *Flüssigkeitsgefäss* abgebildet, welches dem Beobachter die Möglichkeit gewährt, die Dicke der wirksamen Schicht *während der Beobachtung* und in jedem Augenblick bis auf 0,05 *mm* genau *messbar*, zwischen 0 und 20 *mm zu variiren.*

Das Instrumentchen besteht aus den drei auseinanderschraubbaren Theilen *A*, *B* und *C*. Das für die Aufnahme der Flüssigkeit bestimmte Gefäss wird gebildet durch die in *A* eingesetzte Glasröhre *R* und die in den Boden eingefügte Glasplatte P_2. Die

an dem unteren Ende des mit C verbundenen Metallrohres angebrachte Glasplatte P_1 bewirkt die Begrenzung der wirksamen Schicht nach oben.

Um das Gefäss zu füllen, wird der mit einem Luftloche L versehene Deckel C durch Losschrauben von B entfernt und R bis zum Rande gefüllt. Man vermeide, mehr Flüssigkeit einzugiessen, weil der oberhalb R befindliche Hohlraum des Rohres A für die Aufnahme der aus R (durch Eintauchen der Platte P_1) verdrängten Flüssigkeit bestimmt ist. Die sämmtlichen mit der Flüssigkeit in Berührung kommenden Metalltheile sind vernickelt, die Eintauchröhre im Innern zur Vermeidung von Reflexen gerauht und geschwärzt.

Das Eintauchen der Platte P_1 erfolgt durch Drehen des mit B wieder verbundenen Theiles C. Eine Umdrehung senkt die Platte um genau 1 *mm*. Die auf A angebrachte Millimetertheilung und die auf B angebrachte Trommeltheilung zeigen sofort die Dicke der wirksamen Schicht bis auf $\pm$ 0,05 *mm* genau an. Die Platte P_1 ist etwas tiefer gelegen als der untere Rand von B, sodass man jederzeit durch die beiden in A angebrachten, einander gegenüberliegenden Fenster G zwischen den beiden Platten P_1 und P_2 hindurchblicken kann.

Wird der Abstand der beiden Platten P_1 und P_2 vergrössert, so fliesst die Flüssigkeit aus dem oberen Theile von A sofort wieder nach. Etwaige unter P_1 sitzende Luftblasen lassen sich durch geringe Neigung des ganzen Gefässes leicht beseitigen.

Die unter der Bodenplatte von A angebrachten Füsschen dienen beim Aufsetzen des Gefässes auf den Objekttisch des Spektroskopes dazu, das Gefäss sofort an seine richtige Stelle über die eine der beiden Oeffnungen des Tisches zu bringen und es in dieser Stellung beim Drehen von B festzuhalten. Die Füsschen passen in drei auf F angebrachte (in Fig. 1 nicht gezeichnete) Einsenkungen genau hinein.

Jena, November 1898.

Referate.

Neue Form eines Pendelkontaktes.

Von C. T. Knipp. *Amer. Journ. of Science* **5.** *S. 283. 1898.*

Ein T-förmiger Körper ist im Vereinigungspunkt seiner drei Arme vor dem Pendel zwischen Spitzen drehbar befestigt. Der mittlere nach unten gerichtete Arm steht nach Art eines Echappement-Hebels mit dem Pendel in Verbindung, sodass das T-Stück an den Pendelschwingungen theilnimmt. Die beiden andern Arme tragen an ihren Enden nach unten gerichtete Platinpaletten, welche beim Durchgang des Pendels durch die Ruhelage je eine stählerne Blattfeder berühren und etwas niederdrücken. Die Federn sind mit den Polen der Stromquelle leitend verbunden und können jede einzeln durch eine kleine Druckschraube in die geeignetste Lage gebracht werden. Es steht zu befürchten, dass die Einrichtung den Gang der Uhr stark beeinflusst und damit grössere Unzuträglichkeiten herbeiführt als ein einfacher Quecksilberkontakt. *G.*

Neuerungen an Mikrotomen.

Zeitschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie **15.** *S. 23 u. 145. 1898.*

Auf *S. 23 a. a. O.* giebt Moll einige am Mikrotom von Giltay (*diese Zeitschr.* **15.** *S. 17. 1895*) vorgenommene Abänderungen und Verbesserungen an. Dieselben bestehen:

1. In der Herstellung eines eisernen, für den Transport zerlegbaren, festen Tisches; 2. in der Erleichterung der Ablesung, bezw. Einstellung der Vorschubgrösse durch Vergrösserung des dafür bestimmten mit Theilung versehenen Segmentes und in der bequemeren

Anordnung der Ablesungseinrichtung; 3. in der Anwendung eines um die Vertikale drehbaren Messerhalters; 4. in der Beigabe eines Definirapparates zu genau rechtwinkliger Beschneidung der Seitenflächen des Paraffinblockes. Dieser Apparat besteht aus einem gusseisernen Gestell mit horizontaler und vertikaler Schlittenführung. Längs der ersteren lässt sich ein Messerschlitten von Hand bis zu einem stellbaren Anschlag abwärts führen. In der horizontalen Führung ist mittels Schraube ein Schlitten beweglich. Eine auf letzterem drehbare, mit vier Theilstrichen versehene Scheibe ermöglicht die Drehung des Paraffinblockes um rechte Winkel in die vier Schnittlagen, nachdem der den Paraffinblock tragende Teller gegen die Scheibe orientirt ist.

Auf *S. 145 a. a. O.* berichtet van Walsem über ein neues von E. Zimmermann in Leipzig gebautes grosses Mikrotom. Dasselbe ist im Wesentlichen eine Vergrösserung des von derselben Firma ausgeführten in *dieser Zeitschr.* ***15.*** *S. 17. 1895* beschriebenen Minot'schen Mikrotoms bis zu solchen Dimensionen, dass es Schnitte durch eine Grosshirnhemisphäre und ähnlich ausgedehnte Objekte zu machen erlaubt. Diesem Instrument werden drei Messerhalter beigegeben, welche in der Richtung auf das Objekt zu auf der Grundplatte zwischen Leisten verschoben und passend festgeklemmt werden können. Zwei derselben halten das Messer horizontal, der dritte dagegen geneigt, entsprechend ihrer Verwendung für Paraffin- oder Zelloïdinschnitte.

Zur Regulirung der Messertemperatur und damit der lokalen Schneidetemperatur ist längs dem Messerrücken und hinsichtlich der Entfernung von diesem durch zwei Schrauben verstellbar ein Gummischlauch angeordnet, durch den passend temperirtes Wasser fliesst. Der automatische mikrometrische Vorschub des Objekts erfolgt prinzipiell durch die gleichen Mittel wie bei dem in dieser Zeitschrift *a. a. O.* beschriebenen Mikrotom, nur sind hier zwei derartige Vorschubeinrichtungen angeordnet, deren eine Schnittdicken zwischen 6 und 100 μ, die andere Schnittdicken von $^1/_2\,\mu$ an und um diese Grösse fortschreitend bis zu 6 μ liefert, und deren jede für sich ausgeschaltet werden kann. *P.*

Ueber die Messung der atmosphärischen Feuchtigkeit mit dem Ventilations-Psychrometer.

Von G. B. Rizzo. *Nuovo Cimento* ***6.*** *S. 241. 1897.*

Das Ventilations-Psychrometer, von Belli 1831 erfunden, 1865 von Cantoni verbessert, und in der Form des „Tecnomasio“ in Mailand seit 1878 an den meteorologischen Stationen Italiens eingeführt, ist ein ausserhalb Italiens wenig bekanntes Instrument. Es besteht im Wesentlichen aus einem durch ein Uhrwerk getriebenen Flügelventilator, der einen ziemlich konstanten Luftstrom an den Thermometern vorbeiführt. Wenngleich es in Bezug auf Empfindlichkeit dem Assmann'schen Aspirations-Psychrometer nicht gleichkommen wird, so ist es doch dem unventilirten Psychrometer weit überlegen und hat sich praktisch gut bewährt. Eine Bestimmung seiner Konstanten wurde schon 1878 durch Chistoni und 1880 durch Sworykin ausgeführt. Ersterer verglich das Psychrometer mit einem gewöhnlichen Regnault'schen Hygrometer und einem zweiten von Chistoni modifizirten Regnault'schen Apparat. Rizzo hat aber gefunden, dass die Instrumente von Regnault bezw. Chistoni meist zu niedrige Werthe geben, und dass häufig die abgelesenen Thaupunkts-Temperaturen im Laufe der Versuchsreihe immer niedriger werden. Das Crova'sche Kondensationshygrometer scheint von diesen Fehlern frei zu sein; Verf. hat daher dieses Instrument als Normal betrachtet bei seiner Prüfung des Ventilations-Psychrometers. Auf Grund von mehr als 100 Vergleichungen hat er folgende Formel abgeleitet, die zwischen 10° und 24° Temperatur und bis zu 40% relativer Feuchtigkeit abwärts die Beobachtungen des Ventilations-Psychrometers sehr gut wiedergiebt:

$$f = F' - 0{,}000\,749\,H\,(t-t') + 0{,}000\,000\,0079\,H^2\,(t-t')^2,$$

wobei f den gesuchten Dampfdruck, F' die zur Temperatur t' des feuchten Thermometers gehörende Maximal-Spannkraft und H den Barometerstand bedeutet. Sworykin, dessen Arbeit dem Verf. unbekannt zu sein scheint, fand für den ersten Faktor 0,000725.

Die Formel ist streng genommen nur gültig bei dem Gebrauch in der in Italien üblichen Thermometer-Hütte; bei solcher Aufstellung ist jedoch das Ventilations-Psychrometer nach Ansicht des Verf. den besten Hygrometern an Genauigkeit ebenbürtig und in Bezug auf Einfachheit und leichte Handhabung weit überlegen. *Sg.*

Die Photographie manometrischer Flammen.

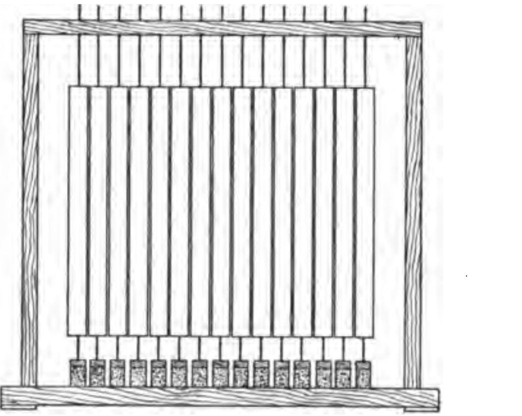
Von E. L. Nichols und E. Merritt. *Phys. Rev.* **7.** *S. 93. 1898.*

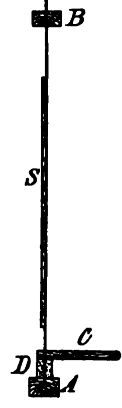
Zur Analyse der Klänge der menschlichen Stimme mittels des Flammenmanometers bedienen sich die Verfasser an Stelle der subjektiven Beobachtung mit dem rotirenden Spiegel der Photographie. Ihr Apparat hat folgende Konstruktion: Im Innern einer lichtdichten Büchse befindet sich eine um eine horizontale Achse rotirende Trommel, die mit dem photographischen Film bespannt ist. Die Trommel sitzt auf der rotirenden Achse mit Reibung auf und wird für gewöhnlich durch einen Sperrhaken festgehalten. Durch Erregung eines Magneten kann diese Hemmung in dem Moment aufgehoben werden, in welchem ein in der Büchse angebrachtes Fenster geöffnet wird, um die von der Flamme ausgesandten Strahlen nach ihrem Durchgang durch das photographische Objektiv auf die empfindliche Schicht fallen zu lassen. Durch die Rotation der Trommel, die nach einmaliger Umdrehung selbstthätig gehemmt wird, werden die zeitlich auf einander folgenden Zustände der Flamme neben einander auf der Photographie abgebildet, die dem im rotirenden Spiegel sich darbietenden Bilde gleicht, aber genauere Beobachtung und schärfere Vergleichung ermöglicht. Der von den Verf. gemachte Versuch, charakteristische Flammenbilder für die einzelnen Konsonanten der menschlichen Stimme zu gewinnen, ist nur theilweise gelungen, da bei der begrenzten Rotationsgeschwindigkeit der Trommel eine Trennung sehr schnell sich folgender Flammenschwingungen nicht mehr möglich war. *W. D.*

Vorrichtung zur Mischung von Farben.

Von H. J. Oosting. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* **11.** *S. 132. 1898.*

Der Apparat besteht aus einer grösseren Anzahl (etwa 15) rechteckiger Spiegel, die nebeneinander mit dem kleinsten möglichen Zwischenraum drehbar in einem Holzrahmen aufgestellt sind. Die 1 *cm* breiten Spiegelglasstreifen *S* (vgl. die Figur) sind an Stricknadeln befestigt, die in der Grundplatte *A* und in der oberen Holzleiste *B* drehbar sind. Die Holzgriffe *C* dienen dazu, die Spiegel leicht mit der Hand drehen zu können, die Korkzylinder *D* bewirken die erforderliche Reibung an der Grundplatte, sodass die Spiegel sicher in der gewünschten Stellung stehen bleiben. Zur Ausführung des Versuches stellt man die Vorrichtung etwas schräg zu dem einfallenden Strahlenbündel und dicht davor einen weissen Schirm, auf dem man ein reines Spektrum entwirft. Nimmt man dann den Schirm weg, so kann man das zurückgeworfene Licht, entweder alles oder nur einzelne Farben, auf einem in einiger Entfernung vor dem Apparat aufgestellten Schirme vereinigen. *H. H.-M.*





Ueber einige zweckmässige Abänderungen am Quadrantenelektrometer.

Von J. Elster und H. Geitel. *Wied. Ann.* **64.** *S. 680. 1898.*

Die Abänderungen, die Elster und Geitel getroffen haben, bezwecken eine bessere Isolation der einzelnen Theile, insbesondere eine gute und zweckmässige Austrocknung des

Instrumentes. Aus diesem Grunde ist es in eine dicht schliessende Hülle gekleidet, an der die zur Zuleitung nothwendigen Klemmschrauben sitzen. Der oberste Theil ist durch einen Bajonnetverschluss gebildet und umhüllt den Torsionskopf; nach Abnahme des Deckels kann man diesen Kopf drehen, ohne die Ladung der Nadel zu verändern. In einem seitlichen Ansatzrohr ist die Trockenvorrichtung angebracht. Der abnehmbare Deckel des Ansatzrohres trägt einen spitzen Metallstift, worauf ein wallnussgrosses Stück metallischen Natriums mit reiner Oberfläche sitzt. Ein Glasgefäss unterhalb des Natriumstückes sammelt die abtropfende Flüssigkeit. Ueber das Glasgefäss ist ein weitmaschiges Kupferdrahtnetz gespannt, um herabfallende Natriumstücke aufzufangen. Das Natrium trocknet die Luft sehr rasch aus und kann leicht von aussen ersetzt werden. *E. O.*

Elektrische Messungen mit Wechselströmen.

Von H. A. Rowland. *Amer. Journ. of Science* **4.** *S. 429. 1897.*

Die Bestimmungen der für die Wechselstrommessung wichtigen Grössen der Selbstinduktion, gegenseitigen Induktion und Kapazität lassen sich am genauesten mit Hülfe von Wechselströmen bei geeigneter Stromverzweigung ausführen. Rowland giebt 26 verschiedene derartige Nullmethoden. Als Nullinstrument wählt er das Dynamometer. Letzteres zeigt keinen Ausschlag, wenn beide Rollen stromlos sind, oder wenn die Rollen von zwei Strömen durchflossen werden, die eine Phasendifferenz von 90° besitzen. Das zweite Prinzip hält Rowland für neu, es ist aber bereits von Oberbeck im Jahre 1882 (*Wied. Ann.* **17.** *S. 816 u. 1040*) zu demselben Zwecke angewandt worden. Die einzelnen von Rowland angegebenen Schaltungen sind skizzirt und die zugehörigen Formeln kurz aufgeführt. Auf eine nähere Beschreibung der einzelnen Methoden kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden. *E. O.*

Direkte Messung der Periode von Hertz'schen Schwingungen.

Von L. Décombe. *Compt. rend.* **126.** *S. 518. 1898.*

Décombe benutzt zur direkten Messung der Schwingungszahl Hertz'scher Schwingungen das bereits 1863 von Feddersen angegebene Verfahren, die Entladungsfunken in einem rotirenden Spiegel zu beobachten. Seine Versuchsanordnung ist die folgende: Der Entladungsfunken befindet sich im Brennpunkt einer Linse, sodass die vom Funken ausgehenden Strahlen einander parallel gemacht werden; sie fallen auf einen rotirenden Konkavspiegel, in dessen Brennpunkt sich eine photographische Platte befindet. Die Umdrehungsgeschwindigkeit des Konkavspiegels wird auf 400 bis 500 Umdrehungen in der Sekunde regulirt. Die Brennweite der Kollimatorlinse wird so gewählt, dass sich die Funkenbilder nicht mehr decken, die Brennweite des Konkavspiegels so, dass das Bild noch intensiv genug ist, um auf die photographische Platte zu wirken. Der Spiegel ist an einer vertikalen Stahlachse befestigt; er besteht aus einer ungefähr 3 *mm* starken Glasplatte, die auf der Rückseite geschwärzt ist. Der Antrieb erfolgt durch einen Elektromotor. Die erhaltenen Bilder werden auf der Theilmaschine ausgemessen. *E. O.*

Untersuchungen über die magnetischen Eigenschaften der Nickelstahl-Legirungen.

Von E. Dumont. *Compt. rend.* **126.** *S. 741. 1898.*

Bereits Guillaume hat Nickelstahl-Legirungen von verschiedenem Prozentgehalt auf magnetische Eigenschaften hin untersucht und danach irreversible und reversible Legirungen unterschieden (vgl. *diese Zeitschr.* **17.** *S. 344. 1897*). Dumont hat jetzt auf Guillaume's Veranlassung von 12 verschiedenen Legirungen die Permeabilität für Felder von 14 bis 50 *C.G.S.*-Einheiten bei Temperaturen von —78° bis 250° gemessen; darunter befanden sich acht reversible Legirungen mit einem Gehalt von 26,2 bis 44 Prozent Nickel. Die Messungen wurden in einer ringförmigen Spule nach der ballistischen Methode ausgeführt. Die Resultate für diese acht Legirungen sind in Kurven dargestellt. Zunächst werden die Veränderungen

von μ mit der Temperatur für das maximale Feld dargestellt. Die Kurven, die zu den einzelnen Legirungen gehören, verlaufen nahezu geradlinig und einander parallel. Eine zweite Figur stellt die Veränderung von μ mit der Feldstärke bei konstanter Temperatur (20°) dar. Für sämmtliche Legirungen wächst die Permeabilität zunächst sehr wenig; von $\mathfrak{H} = 25$ bis $\mathfrak{H} = 36$ findet ein starker Anstieg statt, um von da an langsam abzufallen. In einer dritten Figur sind die Permeabilitätskurven als Funktionen des Nickelgehaltes bei verschiedenen Temperaturen aufgetragen. Daraus geht hervor, dass für alle reversiblen Legirungen bei allen Temperaturen die Permeabilität mit steigendem Nickelgehalt wächst.

E. O.

Der Quadratnetzstecher.

Von Oberlandmesser Rödder. *Zeitschr. f. Vermess.* **27.** *S. 526. 1898.*

Verf. beschreibt einen Apparat (D.R.G.M. 76495) zur genauen und bequemen Herstellung von Quadratnetzen, wie sie z. B. der Landmesser als Koordinatennetze braucht; die Seitenlänge der Netzmaschen beträgt 100 *mm*. In einer Messingplatte von 1,5 *mm* Stärke, die mit Holzplatten von 3 *cm* Dicke fest verbunden ist, sind in jeder Ecke des Quadratnetzes Nadelbolzen geführt; ein kurzer Druck auf die Platte liefert alle Nadelstiche für die Netzpunkte, sodass die Handhabung leicht und sicher scheint. Für einen Bogen von 100 × 60 *cm* hat der Verfasser einen Apparat mit 11 Reihen zu je 7 Nadelbolzen hergestellt, Preis 400 M.; ein kleiner Apparat mit 42 Netzpunkten kostet etwa 250 M. *Hammer.*

Neu erschienene Bücher.

Goulier, C.-M., *Études sur les méthodes et les instruments des nivellements de précision.* Durchgesehen, mit Anmerkungen und mit einem (auch besonders zu habenden) Anhang *„Étude sur les variations de longueur des mires de nivellement“* versehen von Ch. Lallemand. gr. 4°. *Imprimerie Nationale.* Paris 1898.

Der unermüdliche Leiter des *„Nivellement général de la France“*, Lallemand, veröffentlicht in diesem starken Band die Studien von Oberst Goulier über Methoden und Instrumente der Fein-Nivellirung. Den Haupttheil des Buches bilden, wie der Titel richtig sagt, Studien über eine Anzahl verschiedener Fragen bei den Fein-Nivellirungen, ohne dass eine zusammenhängende Entwicklung gegeben wäre. Wohl die wichtigste Studie, nach Versuchen von Goulier, hat Lallemand als besondern Anhang beigegeben, die über die Veränderlichkeit der Nivellirlatten. Die lange Reihe von Versuchen von Goulier, den Lallemand mit Recht einen der Wiederhersteller der französischen Geodäsie nennt, wurde in den Jahren 1883 und 84 ausgeführt und Lallemand hat schon 1892 auf der Brüsseler Generalkonferenz der Erdmessung kurzen Bericht darüber erstattet; hier finden sich nun alle Zahlen und eine Anzahl graphischer Tafeln, die die Ergebnisse sehr anschaulich machen. Von drei Ursachen hängt die Veränderlichkeit der Länge hölzerner Latten ab: von der Zeit zwischen dem Fällen und der Verarbeitung der Hölzer; von der Veränderlichkeit der Luftfeuchtigkeit; von der Veränderlichkeit der Lufttemperatur. Die Wirkung der ersten Ursache schwindet mit der Zeit, die letzte hat nur unmerklichen Einfluss; es bleibt die zweite, und über ihren Einfluss sind bekanntlich verschiedene Beobachter zu verschiedenen Resultaten gekommen. Das Hauptresultat der Goulier'schen Versuche mit 12 verschiedenen Holzarten (unter denen sich abermals gewisse Nadelhölzer als am besten zu Nivellirlatten geeignet gezeigt haben) ist jedenfalls, dass entgegen der Annahme von Örtel in Bayern (für die sich auch Helmert ausgesprochen hat, Oberstl. Lehrl in Oesterreich u. a.) die Länge von Holzstäben nicht eine Funktion der absoluten, sondern der *relativen* Feuchtigkeit der umgebenden Luft ist. *Hammer.*

R. Meyn, Die absoluten Maass-Einheiten. VI, 44 S. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 1897.

In dem vorliegenden Taschenbuch sind in möglichster Kürze die Definitionen vieler physikalischer Einheiten in absolutem und in praktischem Maasse aufgeführt. Den Defini-

tionen und Beziehungen der Einheiten zu einander sind die zugehörigen Messmethoden und Messinstrumente ohne nähere Ausführungen angereiht. Der Zweck dieses zweiten Theils des Büchleins ist nicht klar. Entweder kennt man die Messmethoden, die man zur Bestimmung einer Grösse anzuwenden hat, dann bedarf es keines Nachschlagens, oder man kennt sie nicht, dann kann einem die einfache Aufzählung ohne jeden Zusatz über Art und Möglichkeit der Anwendung nichts nützen; man wird zu eingehenderen Büchern greifen müssen. Sehen wir also von diesem Theile ab, so könnte der Theil, welcher die Definitionen und Beziehungen der Einheiten bringt, in vielen Fällen von praktischem Werth sein, wenn nur sein Inhalt vollständig und — richtig wäre. Einige Beispiele mögen zeigen, dass dies nicht der Fall ist. *S. 16:* 1 Pferdekraft sind 736, nicht 735 *Watt*; *S. 19:* 1 Kalorie kann nie *gleich* einer Arbeit sein, nur ihr äquivalent; *S. 21:* von magnetischen Maasseinheiten und Messmethoden sind dem Verf. nur *Magnetismusmenge* und *magnetisches Moment* bekannt. Was Intensität eines magnetischen Feldes, was Induktion, was Hysteresis bedeutet — Begriffe, die man fortwährend in der heutigen Technik gebraucht — all das sucht man vergeblich in dem Büchlein. Wir kommen zu den elektrischen Einheiten. Es werden dabei, wie gewöhnlich, die absoluten und die technischen Einheiten aufgeführt. Unter absoluten Einheiten wird hier stillschweigend das elektromagnetische System gemeint; da das Buch für die Praxis geschrieben ist, so hat ein Uebergehen des elektrostatischen Systems seine Berechtigung; wie allerdings die Definition der „kritischen Geschwindigkeit" als „Basis der Koëffizienten für die Verhältnisse zwischen den elektromagnetischen und den elektrostatischen Einheiten" zu verstehen ist, vermag der Ref. nicht einzusehen. Bei den technischen Einheiten wäre es nothwendig gewesen, den Unterschied von „legalem" und „internationalem" System zu betonen. Die Definitionen von Volt, Ohm und Ampere hätten nach dem Wortlaut der Chicagoer Beschlüsse gegeben werden müssen[1]); die in dem Buche aufgestellten Definitionen sind längst verlassen; es hätte hinzugefügt werden müssen, dass man sich zur praktischen Messung überwiegend der Clark'schen und Weston'schen Elemente (letztere werden garnicht erwähnt), sowie der Widerstandsbüchsen aus Manganin bedient; dabei wird fälschlich die E.M.K. des Clark'schen Elementes bei 15° zu 1,438 angegeben. Die für die Wechselstromtechnik so wichtige Einheit der Selbstinduktion wird gar nicht erwähnt. Diese wenigen Stichproben mögen genügen, um die Mangelhaftigkeit der ganzen Arbeit nach Inhalt und Ausführung zu zeigen. *E. O.*

Righi, Die Optik der elektrischen Schwingungen. Leipzig, O. R. Reisland. 6,00 M.

Schroeder v. der Kolk, Kurze Anleitung zur mikroskopischen Krystallbestimmung. gr. 8°. VII, 60 S. m. Abbildgn. Wiesbaden, C. W. Kreidel. 2,00 M.

Veröffentlichungen des Königl. Preussischen Geodätischen Instituts. Die Polhöhe von Potsdam. 1. Hft. Mit 3 lith. Taf. gr. 4°. V, 140 S. Berlin, P. Stankiewicz. 10,00 M.

— Bestimmung v. Azimuthen im Harzgebirge, ausgeführt in den J. 1887 bis 1891. Bestimmung der Längendifferenz Jerxheim-Kniel mittels opt. Signale. gr. 4°. V, 86 S. m. 1 Taf. Berlin, P. Stankiewicz. 6,00 M.

Becker, Mikrometer und Mikrometermessungen (aus Valentiner, Handwörterbuch der Astronomie). Lex.-8° m. 84 Holzschnitt. Breslau 1898. Leinenband 7,00 M.

Valentiner, Handwörterbuch der Astronomie. Hrsg. unter Mitwirkung von E. Becker, N. Herz, N. v. Konkoli u. A. 3 Bände. Breslau 1898. gr. 8 m. Tafeln u. Abbildungen. Lieferung 14. S. 49 bis 160 m. 2 Taf. u. 40 Abbild. Jede Lieferung 3,60 M.

Fortschritte, die, der Physik im Jahre 1897. Dargestellt v. der physikal. Gesellschaft zu Berlin. 53. Jahrg. 1. Abth. gr. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

1. Physik der Materie. Red. von Rich. Börnstein. LXXIII, 573 S. 23,00 M.

---

[1]) Das Buch erschien vor dem Inkrafttreten des Gesetzes betr. die elektrischen Maasseinheiten in Deutschland.

Namen- und Sach-Register.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

ZEITSCHRIFT
FÜR
INSTRUMENTENKUNDE.

Organ

für

Mittheilungen aus dem gesammten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der

Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

von

E. Abbe in Jena, **Fr. Arzberger** in Wien, **S. Czapski** in Jena, **W. Foerster** in Berlin, **R. Fuess** in Berlin, **E. Hammer** in Stuttgart, **W. Jordan** in Hannover, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüss** in Hamburg, **H. Landolt** in Berlin, **V. v. Lang** in Wien, **S. v. Merz** in München, **G. Neumayer** in Hamburg, **A. Raps** in Berlin, **J. A. Repsold** in Hamburg, **A. Rueprecht** in Wien, **A. Westphal** in Berlin.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

Achtzehnter Jahrgang.

1898.

12. Heft: Dezember.

Inhalt:

Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1898.

Hierzu: Beiblatt (Deutsche Mechaniker-Zeitung). — Nr. 22, 23 u. 24.

Die „Zeitschrift für Instrumentenkunde“

erscheint in monatlichen Heften von etwa 4 Quartbogen (Hauptblatt) und einem Beiblatt (Deutsche Mechaniker-Zeitung) im Umfange von etwa 2 Bogen im Monat. — Preis des Jahrgangs M. 20,—.

Abonnements nehmen entgegen alle Buchhandlungen und Postanstalten des In- und Auslandes (Postzeitungs-Preisliste No. 8192), sowie auch die Verlagshandlung Julius Springer in Berlin N., Monbijouplatz 3.

Redaktionelle Anfragen und Mittheilungen für das Hauptblatt wolle man an den Redakteur, Dr. St. Lindeck, Charlottenburg-Berlin, Goethe-Str. 68, richten.

nimmt Inserate gewerblichen und literarischen Inhaltes, Stellengesuche und -Angebote etc. auf und sichert denselben die weiteste und zweckmässigste Verbreitung.

	Bei 1	3	6	12 mal. Insertion
kostet die einmal gespaltene Petitzeile	50	45	40	30 Pf.

Inserate werden von der Verlagshandlung sowie von den Annoncenexpeditionen angenommen.

Beilagen werden nach einer mit der Verlagshandlung zu treffenden Vereinbarung zugefügt.

